

أ. شتيرنفلد

السفر بين الكواكب

ترجمة وتقديم: شوقي جلال

ميراث الترجمة

2264

يعرض الكتاب - بأسلوب علمي مبسط يتناسب مع المثقف العام - حكاية أو حلم البشرية في السفر عبر الفضاء في التراث الإنساني وموقعها بين الأسطورة والعلم، ويحدثنا عن سفن الفضاء وكيفية بنائها ومشكلاتها، وطريقة بناء الصاروخ حامل السفينة العابرة لتطاق الجاذبية الأرضية وسرعاته، وأنواع الوقود، وتدريب رواد الفضاء، ويقرر ذلك بصور ورسوم توضيحية للمجموعة الشمسية وزوايا الانطلاق والحركة والأقمار الصناعية ... وغير ذلك. ويتميز الكتاب بأنه يزودنا بالمعلومات الأولية التي تجعلنا على ألفة مع أخبار الفضاء وأحداثه.

السّفر بين الكواكب

المركز القومي للترجمة
تأسس في أكتوبر ٢٠٠٦ تحت إشراف: جابر عصفور
مدير المركز: أنور مغيث

سلسلة ميراث الترجمة
المشرف على السلسلة: مصطفى لبيب

- العدد: 2264
- السفر بين الكواكب
- أ. شتيرنفلد
- شوقي جلال
- اللغة: الإنجليزية
- 2014

هذه ترجمة كتاب:

INTERPLANETARY TRAVEL

By: A. Sternfeld

Copyright © A. Sternfeld

Arabic Translation © 2014, National Center for Translation

All Rights Reserved

حقوق الترجمة والنشر بالعربية محفوظة للمركز القومي للترجمة

شارع الجبلية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة. ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤

El Gabalaya St. Opera House, El Gezira, Cairo.

E-mail: nctegypt@nctegypt.org Tel: 27354524 Fax: 27354554

السفر بين الكواكب

تأليف: أ. ش. تيرنفلد

ترجمة وتقديم: شوقي جلال



2014

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

شتيرنفلد؛ أ
السفر بين الكواكب، تأليف: أ. شتيرنفلد؛ ترجمة وتقديم:
شوقي جلال.

القاهرة: المركز القومى للترجمة؛ ٢٠١٤

١٤٤ ص، ٢٠ سم

١ - الفضاء

٢ - الأقمار الصناعية

٣ - الكواكب

(مترجم ومقدم)

٥٢٣، ١١١

(أ) جلال؛ شوقي

(ب) العنوان

رقم الإيداع ٨٤٤٠ / ٢٠١٣

الترقيم الدولى : 978-977-712-324-6 I.S.B.N

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

تهدف إصدارات المركز القومى للترجمة إلى تقديم الاتجاهات
والمذاهب الفكرية المختلفة للقارئ العربى وتعريفه بها، والأفكار
التي تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافتهم ولا تعبر
بالضرورة عن رأى المركز.

المحتويات

7	.....مقدمة الطبعة الثانية
15	.....مقدمة الطبعة الأولى
19	.....السفر عبر الفضاء بين الأسطورة والعلم
29	.....سفن الفضاء
31	.....١- مشكلة الإفلات من الأرض
41	.....٢- الصاروخ باعتباره مثالا لسفينة الفضاء
51	.....٣- تصميم سفينة الفضاء
59	.....حول سفينة الفضاء
61	.....١- الرحيل
65	.....٢- الطيران
69	.....٣- الحياة داخل سفينة الفضاء
77	.....٤- مخاطر الطيران عبر الفضاء
83	.....٥- الهبوط

87	..... القمر الصناعى
89	..... ١- بناء القمر
93	..... ٢- الاستفادة من القمر الصناعى
99	..... رحلات الفضاء
101	..... ١- رحلة إلى القمر
109	..... ٢- رحلة إلى المريخ
121	..... ٣- رحلة إلى الزهرة
129	..... ٤- السفر إلى الكواكب الأخرى
135	..... خاتمة

مقدمة الطبعة الثانية

السفر عبر الفضاء حلم داعب خيال البشرية منذ بداية الوعي بالوجود. حلم جمع بين الرهبة والخوف من كائنات غريبة تسكن الفضاء، وبين الخيال والطموح الجامح. وعبر الإنسان عن حلمه الجسور بعبارات مزيج من الروح والقداسة والخيال الأدبي؛ حيث ينطلق اللسان بأحاديث عن سكان الفضاء وما يحملونه للبشر من نذر شر أو بشارات خير، وقدرات على رسم المصير والتحكم فى شئون البشر؛ وحيناً آخر بأحاديث وروايات تدخل باب الخيال الأدبي أو الخيال العلمى. وظل الفضاء رهاناً ونطاقاً لا يقربه الإنسان إلا بخياله.

ولكن البشرية بإرادتها الصلبة، ودأبها على تحصيل المعارف، ورغبتها الأصلية فى مغامرة كشف الحجب ورفع أستار المجهول، وإيمانها بحقها فى الفهم والمعرفة وانتزاع حقها فى الوجود، وأن لا مستحيل، استطاعت مرحلة بعد مرحلة أن تعزز خطوها على هذه الأرض داخل هذا الكون الفسيح تبحث، وبفضل السؤال والشك

ومغامرة المعرفة، وتراكم الإنجازات، وتضافر الجهود العلمية وفهم قوانين الطبيعة، استطاعت اختراق حجب الفضاء القريب ثم البعيد مع التطلع إلى الأبعد فالأبعد، وكأن الكون كله بين يدي البشر مجال للاستثمار، ومجال للمزيد من البحث والمغامرة المعرفية، ومجال للإنجاز والوثب إلى البعيد إلى حيث دان لها المستحيل.

عرف الإنسان الجاذبية مبحثاً علمياً له قوانين، وتيسر له تفسير الكثير من الظواهر، ولكنه ظن نفسه أسير جاذبية كوكب الأرض. وواصل جهود البحث العلمى لفهم ظواهر الطبيعة من حوله، وعرف كيف يخترق حاجز الجاذبية واكتشاف قوانين الفضاء.

ظل السؤال الأبدي: ماذا عن مكان ومكانة الإنسان على هذا الكوكب الأرضي وفي الكون؟

كانت للقدماء جهودهم وأحلامهم التي تجسدت في رؤى وتأملات عن النجوم والكواكب، وعلاقتها بمصائر وأقدار البشر والمجتمعات. ومع هذه الجهود والرؤى رسموا خرائط الكون القريب، وحدثونا عن أبراج السماء وانتماء البشر إليها. نجد هذا في بابل وأشور وفي مصر القديمة وفي حضارتى الأزتك ومايا في أمريكا الجنوبية وفي بلدان آسيا حيث الصين والهند... إلخ، أى أنها قضية

إنسانية أو مشكلة مؤرقة للإنسان. وظل الإنسان على مدى هذا التاريخ كيانا مفعولا له. خاضعا لأقدار تسطرها أبراج السماء تجسيدا لأقدار أعلى. أو هكذا كانت صورة الكون وتصور الإنسان. وساد اعتقاد أن الكون كله تجلّ لقدرة أعظم، وأن الإنسان هو محور الكون. وترسخ على مدى الأحقاب رأى أن الإنسان كيان منفصل ومستقل عن الطبيعة التى نشأت، حسب تصوره، لخدمته وقد أتاها عابرا.

ولكن البشرية بفضل جهود البحث الدؤوب، وتراكم المعارف التى تجسد تراث الإنسانية والقدرة على فرز الغث وإضافة الجديد الجيد، بدأت مسيرة مغايرة نوعيا على طريق كشف أستار الحجب، وتمثل المسيره بداية الشك فى الموروث، والتحدى للتقليد، والجسارة لإثبات المغاير المختلف تأسيسا على البحث العلمى وإطالة النظر، والبرهان، والالتزام بمنهج حاكم لكل هذا هو المنهج العلمى.

وعانى أهل الفكر والبحث والنظر أشد المعاناة للتعبير عن إنجازاتهم، واقتناص الفرصة للإفصاح عن حقيقة جديدة. وما أشد الآلام والمعاناة. وهكذا عرفت ساحة العلم شهداء ضحوا فداء المعرفة منهم من قتل على الخازوق أو حرقا ومنهم من أودع السجن، ومنهم

من قنع بأن سجن هو أفكاره حبيسة بين جوانحه، أو أرغمته سلطات التراث على الإنكار والاستكار. وعرفت ساحة العلم روادًا تدين لهم جميعًا بالفضل. والفضل ممتد منذ قديم الزمان وموصول حتى يومنا هذا بفضل الجهود المطردة.

بدأت عمليات البحث في العصر الحديث على يدى نيقولا كوبرنيك في القرن ١٦، الذى رأى أن الأرض ليست مركز الكون. وهو الرأى الذى دعمه من بعده جاليليو جاليلي فى مطلع القرن ١٧ مع أول تلسكوب يوضح برؤية العين أن الأرض كوكب يدور فى فلك حول الشمس. وتتابع موجات البحث العلمى الفلكى على مدى القرون التالية، واتسع أفق الكون المحيط، وتزايدت التساؤلات التى تلمس الإجابة، وتوفرت بفضل البحث العلمى تكنولوجيات، أى أدوات بحث جديدة متطورة بالغة الدقة والقدرة، وتضاعفت طموحات البشرية، واتسعت آفاق الرؤى والبحث بقدر اتساع آفاق غموض الكون.

ومنذ أكثر من خمسين عاما صدر هذا الكتاب فى ترجمته العربية، بينما البشرية على أعتاب الأمل لاختراق حجب الفضاء، وكان لا يزال الأمل العربى غضا جنيئا أو جديذا فى أن لا يقنع العرب بدور المشاهدين للفتوحات العلمية، إذ يرونها بعين التقليد إعجازا لا إنجازا، وإنما الأمل فى أن يكونوا مشاركين موضوعيين

سباقين أو أندادا أكفاء مثلما كانت الصين وقتذاك ومثلما هى الآن.
ومضت السنين ونحن أسرى الإعجاز.

وصدر الكتاب وقتذاك، ولا يزال حتى يومنا هذا تجسيذا للأمل
وتوضيحا للحدث، وتعبيرا عن المبادئ العلمية الأساسية لعلوم
الفضاء وإنجازاته. يعتبر الكتاب فى تاريخ صدوره أول كتاب عربى
علمى عن الفضاء، مع أول رحلة إلى الفضاء مع إطلاق صاروخ
يحمل الكلبة لاىكا. وتتابع بعدة كتب ودراسات مثلما تواترت
رحلات الفضاء لتعود بالكم الوفير من المعلومات التى تظل ملكا
لأصحاب الجهد والعلم. ويمثل الكتاب ضرورة للقارئ العربى الذى
ينشد ألا يشعر بالغربة والاستغراب إزاء رحلات الفضاء، بل يشعر
أنه على ألفة بها، وأنها عمل بشرى مؤسس على العلم والتكنولوجيا،
وجهد ميسور لمن عقدوا العزم على المساهمة الإيجابية يخوضون
لجج نهر الحياة الدافق بدلا من القناعة بالتقاعس والبقاء على قارعة
طريق الحياة، رؤوسهم تعشعش فيها أفكار بالية، بينما العيون مدهولة
من هول المفاجآت العلمية والتكنولوجية المتطورة أبدا وليس لهم
فيها نصيب.

ويعرض الكتاب بأسلوب علمى بسيط يناسب المثقف العام. يبدأ بحكاية السفر عبر الفضاء فى التراث الإنسانى وموقعها بين الأسطورة والعلم. ثم يحدثنا عن سفن الفضاء ما هى؟ وكيف تتكون؟ ومشكلاتها وأهمها مشكلة الإفلات من جاذبية الأرض؟ وتكوين الصاروخ حامل السفينة وسرعاته وأنواع الوقود؟ ويقرن ذلك بصور ورسوم توضيحية للمجموعة الشمسية وزوايا الانطلاق والحركة، وهيكمل مكونات الصاروخ. ثم يحدثنا بعد ذلك عن سفينة الفضاء المأهولة وكيفية حياة رواد الفضاء من نوم وغذاء ومتابعة بحثية والمشكلات النظرية والعلمية للعودة والهبوط على الأرض فى موقع محدد لها.

ويقدم الكتاب رؤية توضيحية للقمر الاصطناعى: تصميمه وطرق إطلاقه ودوره لتوفير المعلومات عن طبقات الجو العليا، ودوره باعتباره محطة أرصاد طائرة، أو محطة لوجستية فضلا عن الاستفادة فى مجالات أخرى عديده، مثل البث الإعلامى والتجسس وغيره. ويحدثنا بعد ذلك عن الرحلات المزمع الانطلاق بها إلى كواكب المجموعة الشمسية، والذي كان أملا وقتذاك وأصبح حقيقة الآن شاهدة على أن العلم هو السبيل الأوحى لتحقيق التقدم والرفاه فى ظل مجتمع مؤمن بالعلم، ومؤمن بالإنجاز وإرادة الإنسان والسبق فى

الماراثون الحضارى. هذا أو لنقنع بدور المتفرج الذى يرى ولا يعمل بل ولا يفهم.

وامتدت مسيرة العلم أماذا فاقت كل الخيال، ومع كل هذه الإنجازات المذهلة، لا تزال المسيرة فى البداية، وتفتحت تفاصيل لا نهائية، واتسعت آفاق لا حدود لها فى علوم الفضاء والبيولوجيا وغيرها. واشتد عزم الإنسان، وقويت إرادته، وترسخ سلطان العلم والعلماء بفضل قوة رواده وعزمهم ودأبهم ومعاناتهم الذين تحدوا سطوة وسلطان التقليد.

وأدعو القارئ إلى أن يقرأ مقدمة الطبعة الأولى المكتوبة منذ أكثر من خمسين عاما لتصدمه المفاجأة المتمثلة فى الأمل المتوهج وقتذاك بأن يكون للعرب دور ناجز فى ساحة العلوم، ومنها علوم الفضاء. ولكن بعد هذه العقود الخمسين يبين بوضوح كيف وُند الأمل، كيف خبا وتبدد، أو ما ظنناه أملا داعب خيالنا فى شبابنا وإذا به لا يزال سرابا خادعا. وكأننا إذ نعيد طبع الكتاب، إنما نرثى حلما من أحلام اليقظة فى إطار سخرية الزمان.

شوقى جلال

القاهرة - ديسمبر ٢٠١٠

مقدمة الطبعة الأولى

يتميز النصف الأخير من القرن الحالى، بحدثين مهمين، خطى كل منهما بالإنسانية خطوات جبارة إلى الأمام، ووسعا من آفاق إدراك الإنسان، وفتح كل منهما أمامه عصرا تاريخيا جديداً، وحضارة عريضة. ولقد كان كل منهما دلالة واضحة على مدى ما بلغه العقل الإنسانى من تقدم فى سلم التطور، وبيانا جلياً عن مدى سيطرة هذا العقل على الطبيعة، وتحكمه فيها، وفهمه لقوانينها.

أما الحدث الأول، فهو تحطيم الذرة، ويعنى هذا أن الإنسان وضع يده على مصدر لا ينفد من الطاقة المحركة، وهى طاقة كفيلة بأن يسيّر الإنسان بها السحب، وأن يحول عناصر الطبيعة، ويقضى على كثير من الأمراض، ويشق بها الجبال، ويزرع الصحراء، ويحرك بها الآلات والسيارات، ويزيد الإنتاج، ويخلق بيئة صالحة، وتكون بذلك مصدر سعادة ورفاهية.

ولكن كيف عرف الإنسان هذا الحدث؟

لقد عرفه عام ١٩٤٥، مع دقات أجراس الحِداد، بعد أن أُلقيت أول قنبلة ذرية فوق هيروشىما. عرفه مع ضحايا هذه القنبلة، من قتلى، ومشوهين، ومشردين.

وهنا وجلت القلوب، وخفتت الأصوات، وجمدت الأبصار، ونظر الإنسان إلى حياته، ومستقبله، فى يأس أمل، عسى أن يكتب للبشرية السلام، وتبدأ عصرًا جديدًا، بعد انتهاء الحرب العالمية، والانتصار على الفاشية.

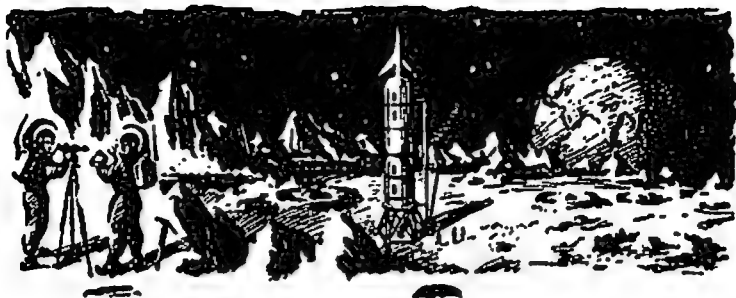
والحدث الثانى الذى دفع بالبشرية إلى الأمام، وانتقل بها من عصر إلى عصر، هو إطلاق الاتحاد السوفيتى لأول قمر صناعى يدور حول الأرض.

وكم كان التباين واضحًا فى استقبال الشعوب لكلا الحدثين، فإن كانت البشرية قابلت الحدث الأول، والوجوم يخيم عليها، واستمعت إلى نبئه مع صرخات الأطفال، وبكاء النساء، وصيحات الكهول، أبناء قتلى هيروشىما وضحاياها، فإنها استقبلت القمر الصناعى بالفرح والبهجة، وتحول اليأس الأمل إلى أمل بسّام.

فإن كانت البشرية قد دقت أجراس الحداد مع إلقاء أول قنبلة
ذرية، فقد حق لها أن تدق أجراس البشر والأمل مع إطلاق أول قمر
صناعي يعلن سيطرة الإنسان على الطبيعة وخرقه لحجب الفضاء.
إنه انتصار في ميدان التنافس العلمي، في المعركة الخالدة التي
بدأها الإنسان الأول مع الطبيعة، كي يبني حياة سعيدة جميلة.

شوقي جلال

١٩٥٧/١٠/٢٠



السفر عبر الفضاء بين الأسطورة والعلم

ظل السفر عبر الفضاء قرونا طويلة وهو لا يعدو أن يكون
أضغاث أحلام.

فهناك الكثير من الأساطير التي تحكى لنا قصة إنسان يطير
إلى العوالم الأخرى، أو قصة زوار يأتون من تلك العوالم فى زيارة
للأرض: وعلم الأساطير اليونانية القديمة، على وجه الخصوص،
غنىً بمثل هذا النوع من الأساطير. فنحن نجد على سبيل المثال قصة
إيكاروس. وإيكاروس هذا شخص ركب على ظهره أجنحة من

الريش وثبتها بالشمع ثم طار بها حتى اقترب من الشمس. وهنا ذاب الشمع وسقط إيكاروس في البحر وغرق. وهناك قصة أخرى، وهي قصة الإسكندر الأكبر الذي أراد أن يزور السماء في عربة تقودها مجموعة من النسور. وثمة أسطورة صينية تزعم لنا بأن السلالة الصينية انحدرت إلينا من القمر.

وفي الأيام المظلمة من العصور الوسطى تجنب الناس فكرة التحليق في الفضاء. وكان ذلك خوفاً من اضطهاد الكنيسة. وشذت عن هذا الموقف الملحمة الهندية المسماة "رامايانا"، إذ تحكى لنا الملحمة، بأن بطليها سافر إلى السماء.

وفي عصر النهضة، بعث من جديد الاهتمام بالتحليق بعيداً عن الأرض. وانعكس ذلك في صورة رؤى خيالية. ومع نمو معرفة الإنسان بالطبيعة حلت التخمينات العلمية محل الأساطير.

وفي القرن السابع عشر ظهرت أولى المحاولات التي أعدت بطريقة فنية لتحقيق الاتصال بين الأرض والأجرام السماوية الأخرى. إلا أن هذه المحاولات رغم ذلك، لم تكن مبنية على أساس علمي.

وأشار العالم الإنجليزي جون ويلكينز إلى أن التحليق فى الفضاء من الأمور الممكنة. وكان ذلك فى كتابه "مقال عن عالم جديد وكوكب آخر". وقد ذهب الروائى الفرنسى، سيرانو دى برجراك إلى أبعد من ذلك. ومنذ أن أعرف الإنسان كيفية الطيران وهو يتحدث عن إمكانية استخدام الصواريخ للسفر عبر الفضاء، بل وصل به الأمر إلى أن تحدث عن أبسط تصميم لسفينة الفضاء التى تبنى على هيئة صاروخ.

ولقد شاهد القرن التاسع عشر ظهور عدد من الروايات الخيالية التى تتحدث عن السفر عبر الفضاء، وبعض هذه الروايات لا تقوم على أساس علمى بالمرّة. فهناك على سبيل المثال أبطال قصص الروائى جول فيرن، الذين أطلقتهم بندقيّة إلى القمر، إلا أن المؤلف تناسى تمامًا أن أبطاله هؤلاء سيلقون حتفهم حالما تطلق البندقيّة.

وهناك الكثير من الروائيين الذين ظهرت فى بداية القرن الحالى، وكتبوا روايات خيالية تعالج الحياة فى العوالم الأخرى، ولقد شاعت هذه الروايات بين جمهور القراء، ومن هؤلاء الروائيين هـ. ج. ويلز فى إنجلترا، و أ. بوجدانوف، وأخيرا. تولستوى و أ. بيلياييف فى روسيا.

وهناك بعض العلماء الذين كتبوا عددًا من الروايات والقصص
عن التحليق في الفضاء. ومن بين هؤلاء العلماء ك.أ. تسيولكوفسكى.

لا مرأى فى أن علم السفر عبر الفضاء أصبح من حقه الآن أن
يعامل على قدم المساواة مع أى فرع من فروع العلوم الأخرى.

إن تاريخ علم السفر عبر الفضاء مرتبط ارتباطًا وثيقًا
بالمجالات الأخرى للبحث العلمى. إذ من المستحيل مثلًا أن يكتب
لعلم السفر عبر الفضاء، البقاء دون دراية بعلم الفلك، أو دون معرفة
بتعاليم نيقولا كوبرنيكوس عن بنية المجموعة الشمسية.

فقد برهن كوبرنيكوس على أن الأرض ليست هى مركز
الكون. كما برهن على أن الكواكب بأكملها، وبما فيها الأرض، تدور
حول الشمس. كما اكتشف يوحنا كيبلر القوانين التى تضبط حركة
الكواكب، وحدّد إسحق نيوتن بوضوح القوانين الأساسية التى تخضع
لها حركات الأجرام السماوية. وكان نيوتن يرى كذلك أن من الممكن
أن تنطلق قذيفة من الأرض وتصبح بمثابة "قمر" مصغر، أى بمثابة
كوكب صناعى تابع للأرض. كما كان يرى أن من الممكن أن ينطلق
جسم من الأرض إلى الفراغ اللانهائى.

لهذا فإن تعاليم كوبرنيكوس، والقوانين التى اكتشفها كيبلر ونيوتن، تعتبر كلها ذات أهمية قصوى لعلم السفر عبر الفضاء. وذلك لأن سفينة الفضاء يمكن أن ينظر إليها باعتبارها نوعًا من الأجرام السماوية، كما أنها سوف تتخذ لها مسارًا محددًا فى غاية الدقة، وتسير فيه عبر الفضاء، وستخضع لنفس القوانين التى تخضع لها الأجرام السماوية.

ولقد ظهر علم السفر عبر الفضاء نتيجة لتطور علم الفلك وصناعة الصواريخ.

وإذا ألقينا نظرة سريعة إلى تاريخ الصاروخ، سنلاحظ أنه معروف منذ القدم، فقد اعتاد الصينيون فى الأزمنة القديمة أن يطلقوا صواريخ من البارود بقصد التسلية فى الأعياد الكبرى. كما كانت تستخدم الصواريخ فى العصور الوسطى كذلك للأغراض العسكرية.

وفى نهاية القرن السادس عشر ظهرت رسومات وأوصاف للصاروخ ذى المراحل، وظهرت فى منتصف القرن السابع عشر رسومات لصواريخ مجهزة بزعانف هوائية.

وعرفت روسيا صناعة الصواريخ منذ بداية القرن السابع عشر. وكان ذلك بفضل الجهد الذى بذله العالم أوينزيم ميخايلوف.

وقد أسست في عام ١٦٨٠، أول "مؤسسة" للأبحاث الصاروخية"، ورأس هذه المؤسسة ك. ي. كونستانتينوف في منتصف القرن التاسع عشر. ويعتبر هذا العالم أعظم خبير في صناعة الصواريخ في الفترة السابقة على الثورة الروسية. وقد عمل على تطوير الصاروخ الحربي الروسي لدرجة لا بأس بها. وفي عام ١٨٨١، وضع العالم الروسي ن. أ. كيبالتشيك تصميم طائرة صاروخية.

ونجح العالم الروسي الشهير ك. أ. تسيلوكوفسكي (١٨٥٧ - ١٩٣٥) نظرية حركة الصاروخ في الفضاء. كما وضع هذا العالم تصميم أول صاروخ يسير بوقود سائل.

وجدير بنا أن نذكر من بين أتباع هذا العالم كلاً من ف. أ. تساندر (١٨٨٧ - ١٩٣٣)، والعالم ي. ف. كوندرايوك، الذي توفي عام ١٩٤٢.

وهناك كثير من العلماء الأجانب الذي أسهموا بنصيب وافر في علم السفر عبر الفضاء. ومن بين هؤلاء العالم روبرت أسنولت بلثيري (فرنسا)، وهرمان أوبرث، وأ. زاينجر (ألمانيا)، وروبرت ه. جودارد (الولايات المتحدة)، وأ. أنانوف (فرنسا)، والعالم و. لي، و. أ. هالي (الولايات المتحدة)، و. ي. ستيمار (السويد)، و. أ.

بيرجيس، و أ. كلارك (بريطانيا)، وه. جارتمان (جمهورية ألمانيا الاتحادية). كما أسهمت فى ذلك جمعيات دراسية ما بين الكواكب، (مثل الجمعية البريطانية على سبيل المثال).

ولقد أحرزت صناعة الصواريخ تقدماً هائلاً منذ ذلك الحين، وهذا ما تكشفه لنا الأرقام التالية: فى العقد الثالث من هذا القرن تمكن صاروخ ذو مرحلة واحدة، يسير بوقود سائل، من أن يضرب الرقم القياسى فى الارتفاع وقدره ١٣ ك.م، وفى عام ١٩٥٢، بلغ هذا الرقم ٢١٧ ك.م ، وفى عام ١٩٥٤، ١٤ ك.م.

وأحرزت الصواريخ متعددة المراحل نجاحاً أفضل من ذلك بطبيعة الحال. إذ ضربت رقماً قدره ٤٠٠ ك.م عام ١٩٤٩، وفى عام ١٩٥٣ مسافة تقرب من ٥٠٠ ك. م . وهى الآن تبلغ ارتفاعاً قدره ألف ك.م. ومن المؤكد أن هذه الأرقام ليست بالأرقام المثيرة إلى حد كبير، إذا ما قورنت بالمسافات التى تفصل بين الأرض والأجرام السماوية الأخرى.

فالمسافة بين الأرض والقمر مثلاً تعادل هذا البعد مئات المرات، كما أن المسافة بين الأرض وأقرب الكواكب تساويها

عشرات الآلاف، ومع ذلك ينبغي علينا ألا نغض من قيمة المكاسب التي أحرزتها صناعة الصواريخ.

ولو تمكنا من أن نزيد من سرعة الصاروخ الحديث إلى الضعف، لتحول هذا الصاروخ إلى كوكب صناعي تابع للأرض، وهذا ما سنبلغه خلال سنين قليلة. ولو زادت سرعة هذا الصاروخ إلى ثلاثة أمثاله، فسوف يخرج من مجال جاذبية الأرض ويتجه إلى القمر.

ومع ذلك فليست المشكلة من السهولة بهذا القدر. فلكي نحصل على مثل هذه السرعة لابد لنا من أن نخفف من وزن الصاروخ الحديث. ولابد وأن نزيد نسبة كتلته. كما يجب أن يكون بناء الصاروخ متماسكا لدرجة قوية، حتى يقاوم درجات الحرارة والضغط العالية. وهذه هي المشاكل التي تواجه العلماء والمهندسين الآن.

وثمة اعتقاد شائع بأنه لكي يستطيع الإنسان التحليق في الفضاء، فلا بد أن تحدث ثورة في فن العلوم الصناعية (التكنولوجيا). لكنه اعتقاد خاطئ، إذ إن التحليق في الفضاء يتحول بالتدريج إلى مسألة يمكن إجراؤها عمليا، فالنجاح الذي أحرزناه في تطور صناعة الصواريخ، وفي التحكم في حركة الأجسام عن بعد، وفي الطبيعيات، وعلم الأحياء، كل هذا يخلو لنا الاعتقاد بحق بأن الإنسان أصبح

الآن على عتبة السفر عبر الفضاء. واليوم يشغل علماء كثير من البلاد في هذا المجال، وليس علم السفر عبر الفضاء من الأمور التي تعنى الخواص فقط، بل إنها تعنى كذلك الجمهور العام بالمعنى الواسع، ولقد تكونت منذ الحرب الماضية جمعيات خاصة لعلم السفر عبر الفضاء في أكثر من عشرين قطراً.

ومنذ أكثر من ثلاثين عاما مضت تكونت في الاتحاد السوفيتي جماعات من هواة علم السفر عبر الفضاء. وفي بداية عام ١٩٥٤، تكونت جمعية لعلم السفر عبر الفضاء، وتعرف هذه الجمعية باسم "نادى شكالوف الهوائي المركزى". وفتح هذا النادى للراغبين فى السفر عبر الفضاء. ولقد شكلت أكاديمية العلوم باتحاد الجمهوريات السوفيتية الاشتراكية منذ عهد قريب لجنة للسفر عبر الفضاء، وحددت الأكاديمية جائزة لتشجيع البحث فى هذا المجال، وتعرف هذه الجائزة باسم "جائزة تسبولكوفسكى". ولا شك فى أن هذه الإجراءات كلها ستعجل باليوم الذى ستحل فيه مشكلة السفر عبر الفضاء.

ويمثل هذا الكتيب أحد الجهود التى تبذل بهدف تقديم عرض موجز يكشف عن الإمكانيات التى بين أيدينا الآن، والتى تساعد على السفر بين الكواكب.

سفن الفضاء

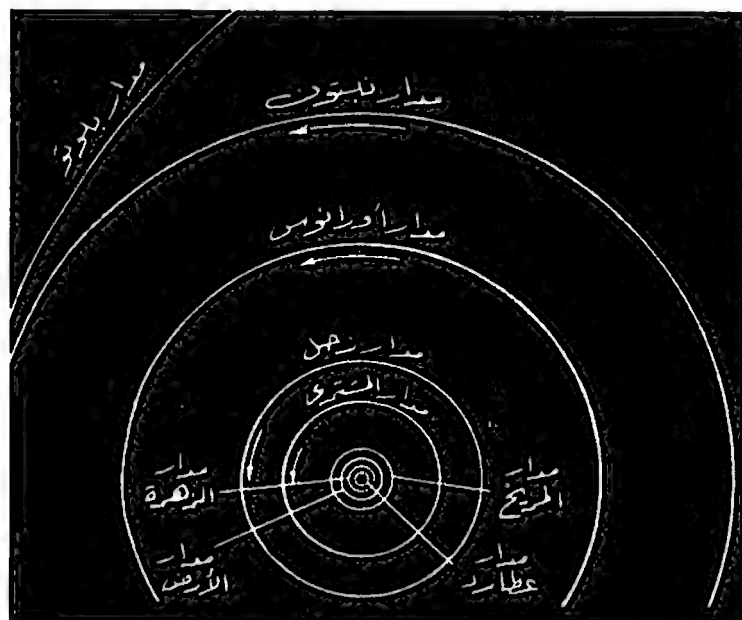
١ - مشكلة الإفلات من الأرض

لنحاول أن نلقى نظرة إلى المجموعة الشمسية (شكل ١) التى سنعتبر أرجاءها اللامحدودة بسفن الفضاء التى سنصنعها فى المستقبل.

الأرض واحدة من بين الكواكب التسعة الكبرى التى تضمهم المجموعة الشمسية، وتتحرك الأرض حول الشمس فى مدار دائرى تقريباً، وهى تسير بسرعة عظيمة فى فضاء خال من الهواء. وتبعد الأرض عن الشمس فى حركتها هذه بنحو ١٥٠,٠٠٠,٠٠٠ كم. ويؤخذ هذا البعد على اعتبار أنه وحدة فلكية واحدة. أما الكواكب الثمانية الكبرى، وعدد كبير آخر من الكواكب الصغرى - الكويكبات - فإنها تتحرك فى نفس مستوى مدار الأرض. ويبين لنا (الشكل ٢) مقارنة لأبعاد الكواكب عن الشمس.

وينتهى الفضاء الموجود بين الكواكب عند مدار بلوتو، وبلوتو هذا هو الكوكب الأخير فى المجموعة الشمسية، وتفصل بينه وبين

الشمس مسافة تقدر بنحو ٦,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ك.م، وهذا هو الفراغ اللامحدود الذى ستضطر سفن الفضاء إلى عبوره. وسوف تستفيد هذه السفن فى حركتها من جاذبية للشمس، أو ستضطر إلى مقاومتها. كما ستضطر إلى تجنب الاصطدام بالشهب وأسراب الكويكبات السابحة فى الفضاء.

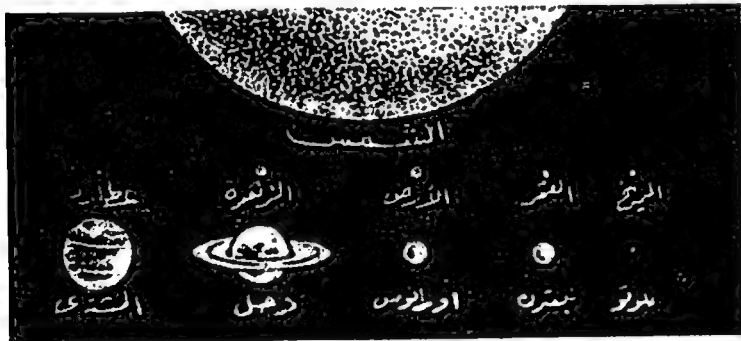


(شكل ١) منظر تخطيطى للمجموعة الشمسية

لكن ما الذى يمنعنا من البدء بإطلاق صاروخ فى الفضاء؟

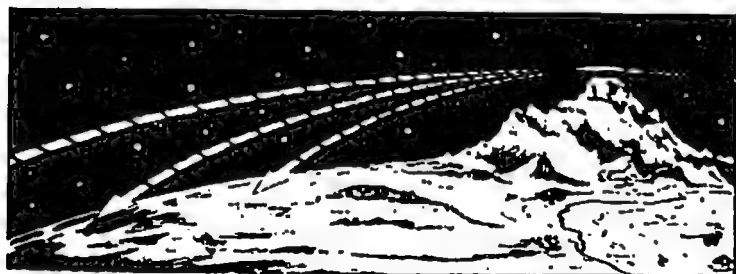
إن العقبة الكبرى هى قوة الجاذبية، فكل شىء موجود على سطح الأرض مجذب إلى مركزها، وليست هذه هى حال الأرض وحدها، بل إن كل الأجسام، من حبة الرمل الصغيرة، إلى النجم الهائل، له قوة الجاذبية هذه. فكل الأشياء التى تحيط بنا يجذب بعضها بعضا. ونحن لا نشعر بذلك، لأن قوة الجذب فيها ضعيفة جدًا، ونحن نشعر من ناحية أخرى بالجاذبية الأرضية على الدوام.

ولولا الجاذبية هذه، لما بقى شىء على سطح الأرض. إذ بدونها لطار كل شىء وانطلق فى الفضاء. كما أن الأرض ستتطلق بعيدًا عن الشمس، وبيتعد القمر عن الأرض. ونظرًا لأن هذه القوة حقيقة لها وجودها الفعلى، فإنها تعقد مشكلة السفر بين الكواكب.



(شكل ٢) رسم يقارن بين أبعاد الكواكب عن الشمس

هل من الممكن أن يترك صاروخ الأرض ولا يعود إليها أبداً؟
نعم من الممكن ذلك. ولنتخيل أن هناك قاعدة بنيت فوق جبل
عال، حيث لن يعد الهواء عقبة تحول دون طيران الصاروخ، وإذا
افتراضنا أن صاروخاً أطلق من هذه القاعدة بسرعة معينة، فإنه سيتبع
مساراً منحدرًا، ويسقط على بعد معين من الجبل، وإذا افترضنا أن
قوة الوقود التي تدفع الصاروخ وسرعته قد ضوعتا، فإنه سيطير
إلى مسافة أبعد، كما أن مساره سيكون بالتالي أقل انحدارًا. وهكذا
يمكن زيادة سرعة الصاروخ حتى تصبح درجة انحدار مساره هي
نفس درجة انحدار سطح الأرض. وإذا ما بلغ الصاروخ هذه الدرجة
فإنه يستطيع حينئذ أن يدور حول الأرض ويطوف حولها مرة بعد
أخرى. وبهذه الطريقة يصبح الصاروخ تابعاً للأرض، وسيكون مثل
القمر، ولن يسقط أبداً على سطحها.



(شكل ٣) كلما زادت سرعة الصاروخ زاد مدى طيرانه ونقص
منحنى مساره. وإذا وصل إلى السرعة الدائرية (يمثلها المدار
الأعلى) يتحول الصاروخ إلى تابع للأرض ويسير في مسار مواز
لسطح الأرض.

وإن أقل سرعة يمكن بها لجسم من الأجسام أن يدور حول الأرض دون أن يسقط تسمى بالسرعة الأولى للسفر عبر الفضاء، أو السرعة الدائرية.

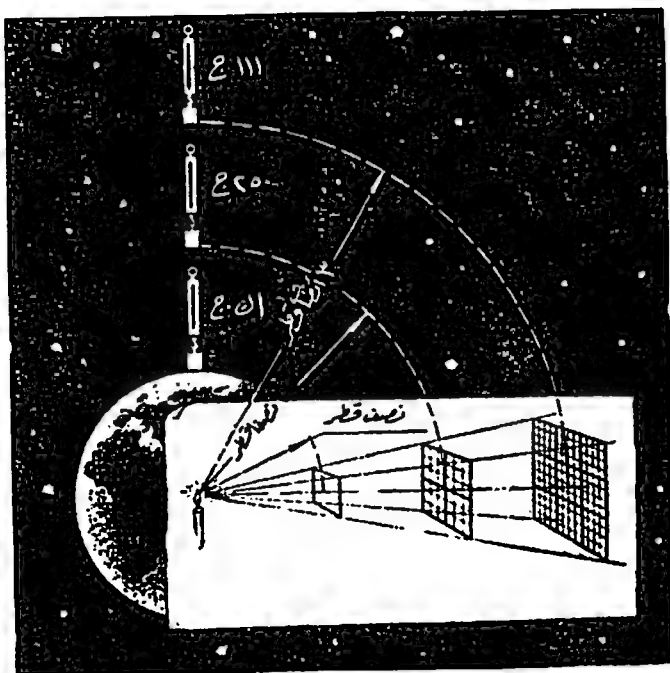
ولكن لماذا لا يسقط جسم يتحرك بمثل هذه السرعة على الأرض؟ لنفترض أن طائرة تطير حول الأرض على طول خط الإستواء أو خط الزوال. فإن هذه الطائرة تقع تحت تأثير قوة طرد مركزية، وتزداد هذه القوة بزيادة سرعة الطائرة. وتقاوم هذه القوة جذب الجاذبية، وتحاول رفع الطائرة بعيدا عن الأرض. ولا يمكن ملاحظة هذه القوة بوضوح في السرعات البطيئة.

ولكن حينما تصل السرعة إلى ٧,٩ ك.م في الثانية، فإن قوة الطرد المركزية تساوى حينئذ قوة الجاذبية وتفقدتها غلبتها. وهذه هي ما نسميها بالسرعة الأولى للسفر عبر الفضاء. ولولا مقاومة الهواء لتمكنت الطائرة التي تطير بمثل هذه السرعة أن تدور حول الأرض لمدة غير محدودة، ويكون لها نفس كمية الحركة. وبهذا تصبح الطائرة كوكبا صناعيا تابعا للأرض.

وما السرعة التي يجب أن يسير عليها جسم من الأجسام حتى يتغلب على جاذبية الأرض، وينطلق في الفضاء؟

لكي نجيب عن هذا السؤال لابد لنا أن نعرف شيئاً ما عن الجاذبية.

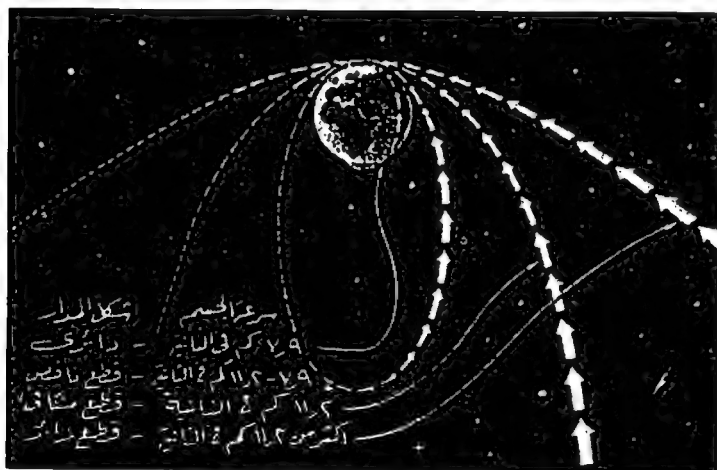
تقل قوة جذب الجاذبية الأرضية كلما ابتعد الإنسان عن مركزها، وهذه هي الحال بالنسبة للأجرام السماوية الأخرى. وتقل هذه القوة بنفس النسبة التي يخف فيها لمعان جسم من الأجسام كلما ابتعد عن مصدر الضوء الذي يسقط عليه، أي يتناسب تناسباً عكسياً مع الجذر التربيعي للمسافة. أو بعبارة أخرى تخف نسبة قوة جذب الجاذبية بمقدار يساوي عامل العدد ٤، إذا كان الجسم على بعد ضعف هذا العدد، أو تخف بنسبة عامل العدد ٩، إذا كان الجسم على بعد يساوي هذا العدد ثلاث مرات.



(شكل ٤) تقل قوة جذب الجاذبية الأرضية بنفس المعدل الذي تخف فيه درجة لمعان الأشياء كلما ابتعدت عن مصدر الضوء الساقط عليها.

وكي نخلص جسمًا من الأجسام من مجال جاذبية أحد الكواكب فلا بد من أن نبذل نفس كمية الجهد التي يجب بذلها إذا أردنا أن نرفع الجسم إلى ارتفاع مساوٍ لنصف قطر الكوكب.

هذا على فرض أن قوة الجاذبية لا تتغير كلما ابتعد الجسم عن مركز الكوكب، ويمكننا أن نحقق ذلك إذا ما اكتسب الجسم بالقرب من سطح الأرض سرعة معينة. والجسم الذى يسير بمثل هذه السرعة سيتخذ لنفسه مساراً على شكل قطع متكافئ (شكل ٥)، وهذا هو الأصل الذى اشتق منه اصطلاح سرعة القطع المتكافئ، والتى تعرف أيضاً باسم السرعة الثانية للسفر عبر الفضاء، أو "سرعة الإفلات". وسرعة الأرض عند سطحها تساوى ١١,٢ كيلو متر فى الثانية.



(شكل ٥) رسم يوضح المسارات التى ستتبعها سفن الفضاء

وإذا كانت السرعة التي يكتسبها جسم من الأجسام تفوق السرعة الدائرية، وأقل من السرعة التي تدفعه وتحركه في مدار قطع متكافئ، فإن الجسم في هذه الحالة يسير في مدار على شكل القطع الناقص. أما إذا ما تجاوزت سرعة الجسم السرعة التي تدفعه إلى الحركة في شكل قطع متكافئ فإن الجسم يسير في مدار على شكل القطع الزائد. (انظر شكل ٥).

ولقد افترضت في حديثي أن الجسم خاضع فقط للجاذبية الأرضية، وهدفى من ذلك هو تبسيط عملية حساب حركة الجسم، بينما يقع الجسم في واقع الأمر تحت تأثير مجال جاذبية الشمس كذلك، وتبين لنا بعض العمليات الحسابية أن الجسم لكي يتحرر من مجال جاذبية الشمس والأرض، فلا بد وأن يتحرك في سرعة لا تقل عن ١٦,٧ كيلو متر في الثانية. وهذه هي السرعة التي تسمى بالسرعة الثالثة للسفر عبر الفضاء.

ومهمة علم السفر عبر الفضاء هي أن يهيء لنا الفرصة لتحقيق السرعة الأولى والثانية والثالثة للسفر عبر الفضاء.

٢- الصاروخ باعتباره مثلاً لسفينة الفضاء

من الأمور المتفق عليها بوجه عام، أن أى سفينة من سفن الفضاء التى سنبنينا فى المستقبل، ستعتمد على الصواريخ لدفعها. إذ ستدفع هذه السفينة إلى الفضاء بقوة دفع الغازات التى تنطلق من الصاروخ. ويعتبر السفر بالصاروخ من الوسائل المأمونة العواقب للغاية. وذلك لأن الصاروخ يكتسب كمية حركته بالتدريج. وهذا ما يميزه عن قذيفة المدفع. ويفسر لنا ذلك لماذا ستكون عملية الجذب التى يشعر بها الإنسان وقت الانطلاق ضعيفة لدرجة كبيرة. بحيث إنها لن تسبب أى أذى لركابها المسافرين عبر الفضاء.

ويلاحظ أن سفينة الفضاء لن تعترضها مقاومة عنيفة من الهواء. كما أن الحرارة الناتجة عن الاحتكاك ستكون ضعيفة لدرجة لا يؤبه لها. والسبب فى ذلك هو؛ أن سرعة سفينة الفضاء المندفعة بقوة دفع الصاروخ داخل الغلاف الغازى، ستكون بطيئة نسبياً.

وسوف يتمكن كذلك ركاب سفينة الفضاء من استخدام محرك الصاروخ للتحكم فى حركة سفينة الفضاء، وذلك بأن يزدوا من سرعتيها فى الفضاء، أو يقللوا منها، أو يغيروا من اتجاه الطيران إذا اقتضت الضرورة.

ولكن ما الفكرة الأساسية التى تقوم عليها حركة الصاروخ؟

من المعروف أن حامل البندقيّة حينما يطلق بندقيته، فإنه يرتد إلى الوراء. ويرجع ذلك إلى ضغط الغازات المتولّدة عن احتراق المادة المتفجرة. فالغازات تضغط فى اتجاهين متضادين بقوة متساوية، تجاه القذيفة وتجاه البندقيّة. إلا أن البندقيّة ترتد إلى الوراء قليلا، لأن كتلتها أكبر بكثير من كتلة القذيفة. ويحدث هذا وفقا لأحد القوانين الرئيسية فى الميكانيكا، وهو القانون الآتى: "لكل فعل لابد وأن يكون له رد فعل مضاد ومساو له" : وتعرف الحركة الناتجة عن الفعل باسم الحركة الإرجاعية.

والصاروخ الذى يستخدم باعتباره محركا لسفينة الفضاء، لابد وأن يكون من نوع خاص. إذ إنه لن يكون من نوع الصاروخ المعبأ بالبارود، والذى يطلق عادة فى الأعياد. وذلك لأن عملية احتراق الغازات تولّد بداخله ضغطا عاليا جدا، ولابد وأن يكون الصاروخ

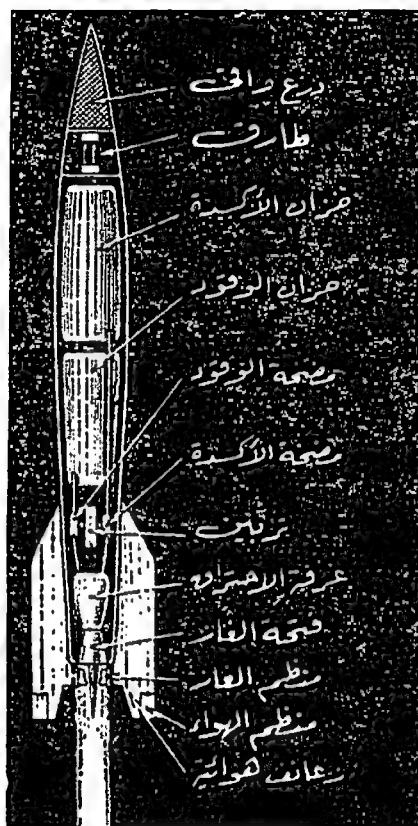
قوى البنيان، حتى يتحمل مثل هذا الضغط، وبالتالي سيكون وزنه كبيراً جداً. وزيادة على ذلك فإنه من المستحيل تنظيم عملية استنفاد البارود أثناء الطيران، تماماً كما يستحيل علينا أن ننظم احتراق لهيب الشمعة. فمن المستحيل مثلاً أن يوقف الإنسان عملية احتراق البارود، حتى يتمكن من أن يوقف المحرك إذا لزم الأمر.

وتستخدم الآن على نطاق واسع الصواريخ التي تزود بوقود سائل، وهذا النوع من الصواريخ يفضل تماماً عن الصواريخ المعبأة بالبارود في هذا الغرض بالذات.

ويبين لنا (الشكل ٦) صورة لصاروخ مزود بوقود سائل. ويوجد لهذا الصاروخ خزانان. ويحتوى أحد الخزائين على مادة دافعة (مثل الكحول الإيثيلي)، ويحتوى الآخر على مادة مؤكسدة (مثل سائل الأكسجين مثلاً).

وتوجد بالصاروخ مضختان يتحكم فيهما توربين. وينتقل كل من الوقود السائل، والسائل المؤكسد من المضختين ويلتقيان في غرفة خاصة، وتحدث حينئذ بداخل الغرفة عملية تفاعل كيميائية، (أى احتراق الوقود السائل). وتخرج الغازات المتولدة عن عملية

الاحتراق من غرفة الاحتراق. وتتسبب هذه العملية في حدوث ارتداد من شأنه أن يدفع الصاروخ إلى الأمام.



(شكل ٦) الصاروخ المزود بوقود سائل

وتستخدم كل من الصواريخ المعبأة بالمواد المتفجرة أو بالوقود السائل زعانف هوائية، ومنظمات للغاز والهواء وتعتمد الصواريخ على هذه الزعانف والمنظمات لضمان انتظام وثبات طيرانها.

إلا أن هذه الزعانف والمنظمات تصبح عديمة الفائدة حالما يخرج الصاروخ عن نطاق الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية وينتقل إلى الفضاء. ولكن ماذا على ركاب سفينة الفضاء أن يفعلوا لو انحرف الصاروخ عن طريقه. هذه هي المشكلة التي قام العالم ك.أ.تسيولكوفسكى بحلها. إذ اقترح وضع منظمات في طريق انطلاق الغاز من فتحة، وبذلك يتيسر تغيير اتجاه طيران الصاروخ في الفضاء.

وما العوامل التي تتوقف عليها سرعة الصاروخ في سفره؟

تتوقف السرعة التي يمكن أن يسير بها الصاروخ في الفضاء، بعد أن يترك مجالات تأثير الجاذبية، على السرعة التي تخرج بها الغازات من فتحتها، كما تتوقف على كمية الوقود المستهلكة. وتستخدم لهذا الغرض أنواع معينة من الوقود الذي يولد أعظم قدر ممكن لسرعة العادم. ومن بين هذه الأنواع الأكسجين والهيدروجين مثلاً. ويلاحظ مع ذلك أن الهيدروجين خفيف الوزن جداً، حتى ولو كان مكثفاً على شكل سائل. كما يستلزم خزانات واسعة على عكس

المواد الدافعة الأخرى. وزيادة على ذلك فإن درجة غليانه هي ٢٥٣ سنتجراد، ويستخدم كذلك حامض النتريك والهيدرازين (وهو مركب كيميائي من الأزوت والهيدروجين)، لميزاتها الاقتصادية عن غيرهما. كما أن هذين السائلين من السهل تحضيرهما، ويمكن حفظهما في خزانات صغيرة، وهناك أنواع أخرى من المواد الدافعة للصواريخ التي تسير بالوقود السائل. ومن هذه الأنواع الكيروسين والبنزين وزيت التربنتينة وزيت البرافين وغيرها. وتستخدم معها مواد مؤكسدة مثل حامض البيروكلوريد والهيدروجين والبيروكسين.

وتولد المواد الدافعة الكيميائية الحرارية، أو المواد الدافعة العادية، عادماً يخرج بسرعة تقرب من ٢,٥ ك.م في الثانية. وهناك بوادر تدعو إلى الاعتقاد بإمكانية زيادة هذه السرعة إلى ٤ ك.م في الثانية. وإذا تمكنا من الوصول إلى هذه السرعة، فإن ذلك من شأنه أن يبسط مشكلة بناء سفينة الفضاء.

وهناك طريقة أخرى يمكن استخدامها لزيادة سرعة الصاروخ وزيادة مداه. وذلك بدفعه بواسطة صاروخ آخر مساعد، وحينما يستنفد الصاروخ المساعد كل وقوده، فإنه يفصل عن الصاروخ الأصلي من تلقاء نفسه، وتتم عملية النزول بواسطة مظلة (براشوت). وينطلق الصاروخ الرئيسي بعد أن تنتهي مهمة

الصاروخ المساعد. وذلك بعد أن يبلغ ارتفاعاً معيناً وسرعة محدودة، وبهذا يستطيع الصاروخ الارتفاع إلى مسافة أبعد من الصاروخ العادى. ويعرف الصاروخ من هذا النوع باسم الصاروخ الذى يندفع على مراحل. (انظر شكل ٧). ومع زيادة عدد المراحل أو (المضاعفات) تزداد كل من سرعة الصاروخ ومداه.



(شكل ٧) صاروخ ذو مرحلتين

وقد أجريت في السنين القليلة الماضية تجارب أثبتت أن الصاروخ المضاعف، المعبأ بالمواد المتفجرة، يمتاز بأنه اقتصادى لحد كبير. وذلك لأن دفعة هذا الصاروخ هائلة جدًا، إذا ما قورنت بوزنه. ومن المحتمل أن يستخدم هذا النوع من الصواريخ فى عملية القذف الأولية لسفينة الفضاء.

ولزيادة سرعة العادم أكثر من ذلك، يستحسن استخدام مواد دافعة نووية، بدلاً من المواد الدافعة العادية.

ولكن ما المادة الدافعة النووية؟ ولماذا تفضل على المواد الدافعة العادية؟

لقد نجحت العلوم الطبيعية فى تحويل عدد من العناصر الكيميائية إلى عناصر أخرى. ولقد صاحب هذه العملية، فى حالة معينة، انطلاق طاقة ذرية. وتعرف كل مادة تولد مثل هذه الطاقة باسم مادة دافعة نووية. وتحتوى كمية صغيرة من هذه المادة على قدر هائل جدًا من الطاقة.

وتتميز عملية انطلاق الطاقة الذرية بسرعتها الهائلة. ولكن ليس معنى هذا أنه من الصعب التحكم فيها.

ويمكن استخدام الطاقة الذرية لتحويل سوانل معينة (مثل سائل الهيدروجين أو الهليوم)، إلى غاز، ثم تطرد خارج الصاروخ. وتسمى المادة الدافعة النووية التي هي على هيئة غاز أو سائل، باسم "الوقود الذرى".

وجدير بنا أن نذكر أن الاصطلاحين: المادة الدافعة النووية، والوقود الذرى، إنما نستخدمهما هنا فقط حسب الاصطلاح المتبع، وذلك لأنه ليس هناك أى تشابه بين عملية انطلاق الطاقة الذرية وتحولها إلى جسم خامد، وبين عملية الاحتراق كما هي معروفة لنا.

وسوف نخرج الغازات، فى الصاروخ الذرى، من فتحة الغاز بسرعة تقدر بعشرات الكيلو مترات فى الثانية. وكلما زادت سرعة العادم، كلما قلت كمية الوقود اللازم للسفر بين الكواكب. وهذه ميزة ضخمة يتميز بها الصاروخ الذرى.

والطريقة التى يعمل بها الصاروخ الذرى كالتى: ينتقل الهيدروجين السائل، أو أى سائل آخر، إلى غرفة صغيرة تشبه غرفة الاحتراق فى الصاروخ الذى يسير بالوقود السائل. وحينما تتطلق الطاقة الذرية، فإنها ترفع فى الحال من درجة حرارة الهيدروجين إلى درجة عالية للغاية.

وفى هذه الحالة يتحول الهيدروجين إلى غاز، وينطلق من غرفة الاحتراق تحت ضغط هائل.

وعلى الرغم من أن الصاروخ الذى لا يختلف فى فكرته الأساسية عن الأنواع العادية من الصواريخ، فإن هناك عددًا من المصاعب الفنية التى تحول دون بنائه. وأولى هذه المصاعب هو الحاجة إلى تخفيض درجات الحرارة العالية جدًا، ودرجات الضغوط المرتفعة للغاية، التى تتولد داخل الصاروخ الذرى، وذلك لأن ليس ثمة معدن يمكنه تحمل هذه الدرجات. وثانية هذه المصاعب، أنه لا بد من اتخاذ إجراءات لحماية المسافرين إلى الفضاء من الإشعاعات الذرية التى تنطلق فى نفس الوقت على صورة طاقة ذرية. ولعلاج هذه المشكلة بنجاح، لا بد من اختراع مادة تمتص مثل هذه الإشعاعات، ولا بد كذلك أن تكون هذه المادة خفيفة الوزن، لأن الوزن الزائد على الحد سيتسبب فى خفض مدى الصاروخ لدرجة كبيرة.

٣- تصميم سفينة الفضاء

يتوقف تصميم سفينة الفضاء إلى حد كبير على الغرض المقصود من ورائها. فالصاروخ الذى يوضع تصميمه بحيث يستقر على القمر، سيختلف فى نواح كثيرة عن الصاروخ الذى يعد لكى يحلق حول القمر دون أن يهبط عليه، كما أن سفينة الفضاء التى تعد للسفر من الأرض إلى المريخ، ستختلف عن السفينة التى يوضع تصميمها بحيث تطير وتصل إلى الزهرة. وكذلك سيكون هناك فارق كبير بين صاروخ يستخدم وقودًا حراريًا كيميائيًا، وسفينة فضاء تسير بالذرة.

وهناك أوجه شبه كبيرة بين سفينة الفضاء والغواصة من حيث إن بحارة كل منهما سيكونون معزولين تمامًا عن العالم الخارجى. كما أن تركيب الهواء وضغطه ودرجة الحرارة والرطوبة داخل الصاروخ سيتحكم فيها جهاز خاص. ولكن هناك ميزة كبرى ستميز بها سفينة الفضاء. إذ إن نسبة الفرق بين الضغط الخارجى والداخلى

لسفينة الفضاء سيكون أقل منه بالنسبة للغواصة، وكلما كان هذا الفارق أقل، كلما ساعد على أن يكون غلافها أرق.

وسوف تتمكن سفينة الفضاء من استخدام أشعة الشمس فى أغراض خاصة بالإضاءة والتسخين. كما أن غلافها الخارجى سيكون بمثابة درع تحول دون نفاذ أشعة الشمس فوق البنفسجية التى تؤذى الجهاز العضوى الإنسانى.

وسوف يكون لسفينة الفضاء غلاف مزدوج، وذلك لضمان حمايتها من أثر الاصطدامات مع الشهب.

وسفينة الفضاء التى سيوضع تصميمها كى تسافر إلى قمر صناعى تابع للأرض، وتستخدم وقودا من النوع الحرارى الكيميائى، هذه السفينة ستصنع على نفس النمط الذى يصنع به الصاروخ ذو المراحل، كما ستكون فى حجم الطائرة.

ويقدر وزن سفينة الفضاء. قبل انطلاقيها بعدة مئات من الأطنان، وسيكون وزن القناع الأمامى فيها ١% من وزنها الكلى، وستصنع المراحل بحيث يمكن تركيبها على بعضها تركيبا محكما. كما سيصنع هيكل مخطط بخطوط انسيابية، وتغلف به المراحل. وفائدة هذه الخطوط تقليل مقاومة الهواء فى أثناء طيران السفينة

داخل الغلاف الغازى. وقد تجهز فى مقدمة السفينة غرفة صغيرة نسبيا للبحارة، وغرفة لبقية القناع الأمامى.

ونظرا لأن ملاحى هذه السفينة لن يكتثوا فيها سوى فترة قصيرة (أقل من نصف ساعة)، فلا داعى لتجهيزها بأثاث معقد.

سينطلق الصاروخ فى الوقت المحدد له بواسطة طارق أوتوماتيكى، ولا بد من تجهيز الصاروخ ببعض الأجهزة الأوتوماتيكية، التى تستخدم لتوجيهه فى الطيران، أو لاتخاذ أى إجراءات أخرى تقتضيها الضرورة، أما عن المراحل الزائدة (الصواريخ الزائدة المركبة لمضاعفة الحركة)، فتعود إلى الأرض، بعد أن تستنفذ غرضها، وترجع هذه الزوائد إلى الأرض، إما بواسطة مظلة، أو بواسطة أجنحة قابلة للانكماش، وتمتد وقت النزول، وتحول الصواريخ إلى نوع من الأسيم التى تسير بدون محرك.

وثمة تصميم آخر لسفينة الفضاء، وهو الموضح بالشكل رقم ٩ ويوجد بوسط الشكل. وينطلق هذا النوع من سفن الفضاء من فوق كوكب صناعى، ليقطع رحلته إلى القمر.

والغرض الذى أعدت من أجله هذه السفينة، هو القيام بدراسة مطولة لسطح القمر، دون الحاجة إلى الهبوط عليه. وبعد أن تنتهى

سفينة الفضاء من رحلتها، فإنها تعود مباشرة إلى الأرض. ويتضح من الرسم أن أجزاءها الرئيسية عبارة عن صاروخين مزدوجين، وثلاثة أزواج من الخزانات الأسطوانية، تحتوى على مادة دافعة ومادة مؤكسدة. ومن بين الأجزاء الرئيسية كذلك سهمان من الأسهم التى تتساب فى الهواء، ولهما أجنحة قابلة للانكماش، تساعد على الهبوط على الأرض. وليس من الضروري أن تخطط سفينة الفضاء بخطوط انسيابية، وذلك لأنها ستطلق من فوق قاعدة بعيدة عن طبقات الجو العليا.

ويتم إعداد السفينة على المراحل الآتية:

تبنى السفينة أولاً، وتختبر على سطح الأرض. تتقل بعد ذلك إلى محطة موجودة فى الفضاء بين الكواكب، ويرسل الوقود والأجهزة والطعام والأكسجين إليها، كل على حدة.

وبعد أن يتم إعداد وتجهيز السفينة فى محطة الفضاء، تبدأ رحلتها إلى الفضاء. وفى أثناء انطلاقها، تستمر عملية تزويد المادة الدافعة والمؤكسدة الموجودتين فى المحرك عن طريق الخزانات الأسطوانية الرئيسية. وهذه الخزانات فى الواقع هى الغرف الرئيسية فى سفينة الفضاء التى ستملأ مؤقتاً بالوقود. ولذلك سيعانى بحارة

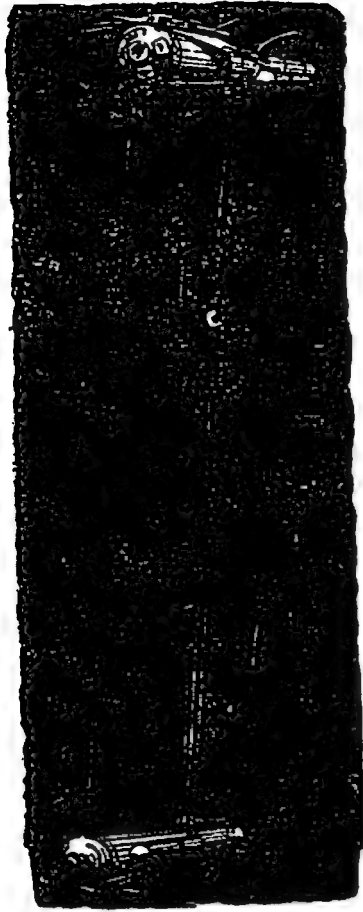
السفينة بعض الضيق من جراء انتظارهم فى غرفة السهم المعد للهبوط، حتى يتم تفريغ الغرف الرئيسية، أى بعد بضع دقائق بعد انطلاق الصاروخ.

أما عن الوقود الباقي فإنه سيتبخر فى الحال. بعد أن يفتح صمام صغير يصل بين الخزانات والفضاء. وهنا يدفع الهواء إلى داخل الخزانات بواسطة مضخات، ويمكن فيها المسافرون عبر الفضاء حتى نهاية رحلتهم.

وحيثما تصل سفينة الفضاء إلى بعد معين بالنسبة للقمر، فإنها ستحول إلى تابع له. وهنا تستخدم السفينة المادة الدافعة والمادة المؤكسدة، الموجودتين فى الخزانات الجانبية بمؤخرة السفينة فتساعدنا على الدوران حول القمر. وبعد أن يستنفد الوقود، تنفصل الخزانات عن السفينة.

ولن يحاول المسافرون تشغيل المحركات مرة أخرى، حتى يأتى الوقت المحدد للعودة من رحلتهم. وستزود المحركات بوقود من الخزانات الجانبية الموجودة فى المقدمة.

وقبل أن تدخل السفينة الفراغ الغازى المحيط بالأرض، سينقل البحارة إلى الخلف، حيث يوجد سهم فراغى، وفى هذا الوقت سينفصل هذا السهم عن السفينة ويدور حول الأرض.



(شكل ٨) إيجاد جانبية صناعية لسفينة للفضاء

وسوف يستخدم المسافرون الأجنحة القابلة للانكماش المثبتة في السهم لضمان سلامة الهبوط على الأرض.

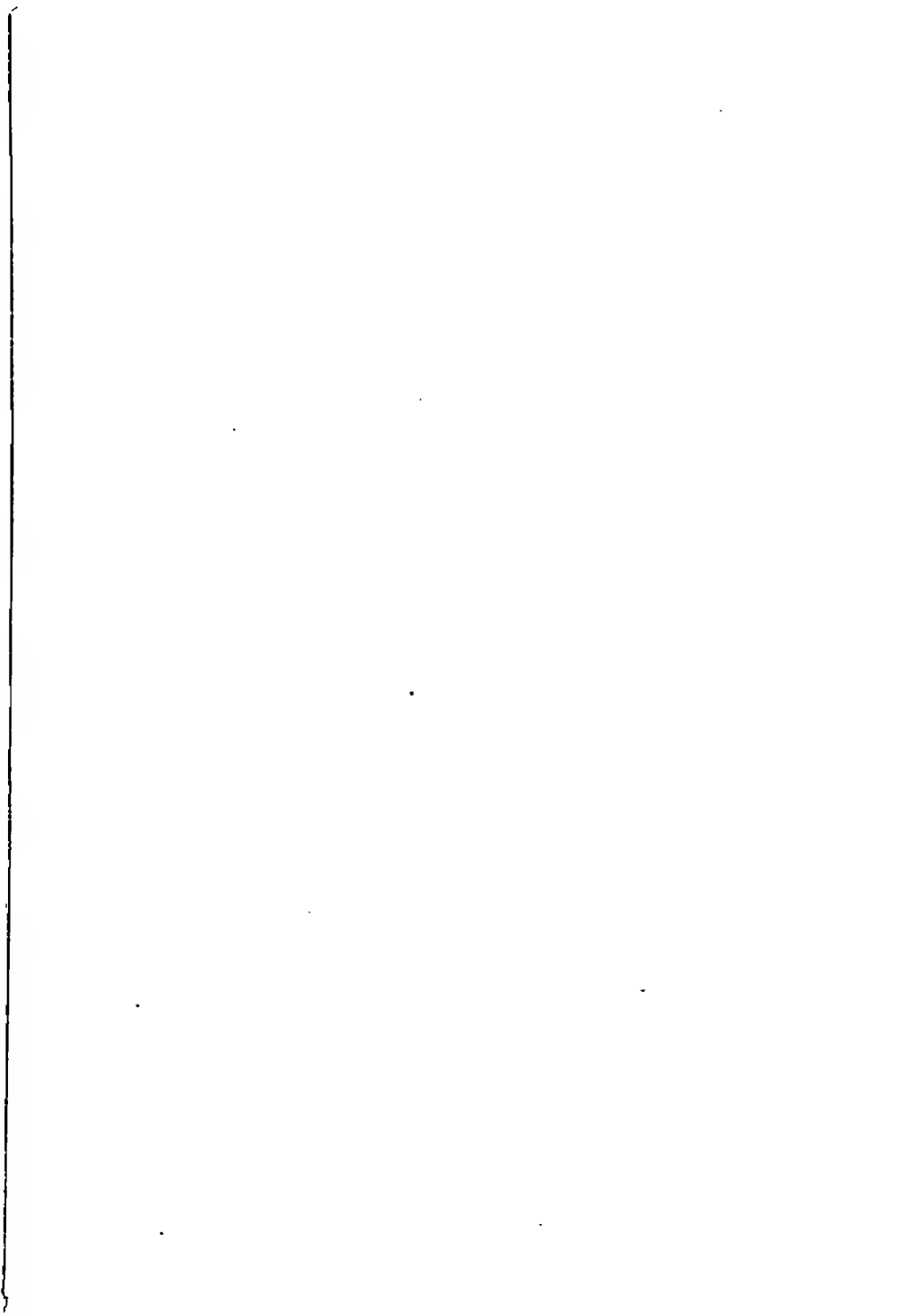
وحينما تتوقف المحركات عن الدوران، سيفقد الناس والأجنحة الداخلية الموجودون داخل الصاروخ، سيفقدون جميعاً، ثقلهم. وتمثل هذه الحالة عقبة كبيرة تحول دون الهبوط. لهذا يجب على واضعي تصميم السفينة أن ينشئوا جاذبية صناعية على ظهر السفينة للتغلب على هذه العقبة.

ولقد صممت سفينة الفضاء الموضحة بالشكل ١ وفقاً لهذا المبدأ.

ويوجد لهذه السفينة قطاعان ينطلقان في البداية وكأنهما جزء واحد، ولكنهما سينفصلان عن بعضهما فيما بعد مع ارتباطهما بواسطة كابلات. وهنا ستدفعهم محركات ضعيفة القوة إلى الدوران حول مركز مشترك للجاذبية (شكل ٨).

وبعد أن يبلغ هذان القطاعان السرعة اللازمة لدورانهما حول بعضهما، ستفصل المحركات، ويستمر الدوران حسب كمية حركاتها الذاتية. ويرى تسيولكوفسكى أن قوة الطرد المركزية ستحل محل قوة الجاذبية.

حول سفينة الفضاء



١ - الرحيل

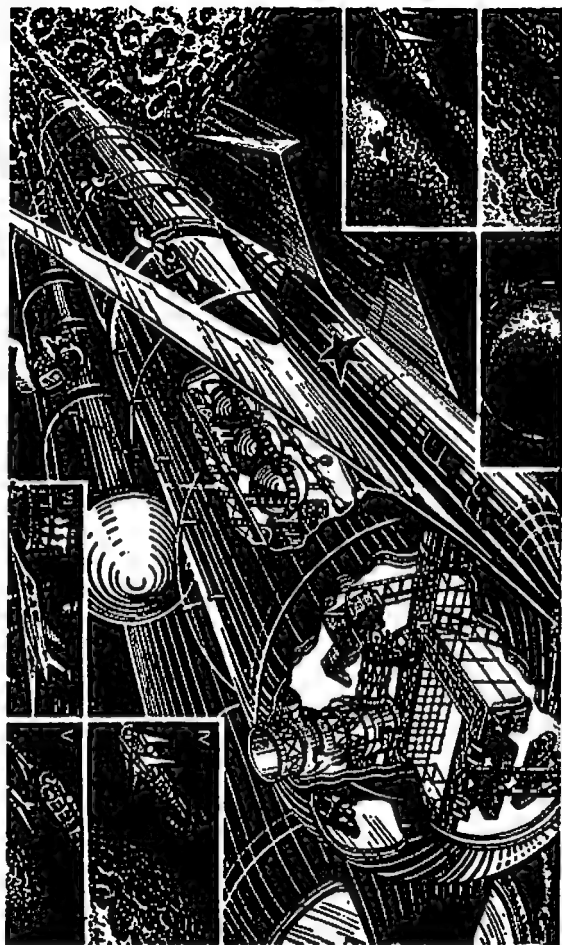
تستمر السيارة، أو القطار، أو المركب الشراعى، فى حركته طالما أن هناك آلة أو ريحا تستمر فى دفعه. ولكن إذا ما توقفت الآلة، أو طوى الشراع، فلن تكون هناك حركة.

حقا إنها تقف مرة واحدة، ولكنها ستواصل الحركة بدافع كمية حركتها الذاتية لفترة من الوقت. لكنها مع ذلك لا يمكنها أن تسير مسافة طويلة، طالما أن كمية الطاقة المتجمعة ستتعاذل فى الحال، بفعل الاحتكاك ومقاومة الهواء.

لكن الموقف يختلف تماما بالنسبة لسفينة الفضاء، إذ إن محركاتها ستزودها فى دقائق معدودة بسرعة ضخمة، كما أن الصاروخ سيتكفل بدفعها الجزء الباقي لتكملة رحلتها بدافع كمية حركته الذاتية. ويساعد على ذلك أن الفضاء له يكون به احتكاك أو مقاومة للهواء حتى يعوقها.

وإذا تمكن الصاروخ من بلوغ السرعة اللازمة لمواصلة رحلته في الحال، فيمكن حينئذ توفير قدر ضخم من الوقود. وسيتمكن الصاروخ من مواصلة السير في طريقه بقوة دفع كمية حركته الذاتية. إلا أن هذه العملية تعتبر من الأمور المستحيلة من الناحية التطبيقية. وذلك لأن الصاروخ لا يكتسب سرعته إلا بالتدريج مع احتراق الوقود. يضاف إلى هذا أن السرعة المبدئية، يجب ألا تكون أكبر مما يمكن أن يتحملة الجهاز العضوى الإنسانى.

غالبًا ما نرى على أغلفة الكتب، التى تعالج مسألة السفر بين الكواكب، صورة لسفينة الفضاء، وهى تطير فى خط مستقيم بين الأرض والقمر، وتبين الصورة السفينة وكأنها قطعت نصف المسافة، أو قد تصورهما وكأنها اقتربت من هدفها وما زالت محركاتها تدور. هذا المفهوم خاطئ من أساسه. إذ أن مسار سفينة الفضاء، لن يكون عبارة عن خط مستقيم على الإطلاق، كما أن محركاتها لابد وأن تتوقف بعد رحيلها ببضع دقائق، أى بعد أن تترك الأرض بمسافة قصيرة، وهذه هى الطريقة الوحيدة التى يمكن بها لسفينة الفضاء أن تقتصد قدرًا كافيًا من الوقود كى تعتمد عليه فى العودة من رحلتها.



- (شكل ١) في الوسط: سفينة الفضاء وضع تصميمها للقيام برحلة حول القمر. ١- الرحيل على ظهر مركب
مناصق تابع للأرض. ٢- سفينة الفضاء بعد أن أصبحت تابعة للقمر. ٣- مسار السفينة حول القمر. ٤- سفينة
الفضاء تنق طريقها بعيدا عن القمر. ٥- انفصال الأسمم الهابطة من سفينة الفضاء عند اقتراب السفينة من الأرض.
٦- الأسمم تهبط على الأرض.

وسوف يتوقف نجاح الطيران إلى حد كبير على اختيار المسار الصحيح. ويلاحظ أن المسارات التي تحتاج إلى استنفاد أقل قدر ممكن من الوقود، معقدة جدًا، إذ لابد أن يغير الصاروخ اتجاهه وعجلته على الدوام، ولو اخترنا مسارًا مبسطًا (ليكن مسارًا رأسيًا مثلًا)، فإن الوقود المستهلك سيتضاعف قدره عدة مرات.

ومن الأمور المهمة للغاية، لضمان نجاح الرحلة، توقيت الرحيل. وسبب ذلك أن الأرض، أو الجرم السماوى الذى ستسافر إليه سفينة الفضاء، ليسا فى حالة توقف وسط الفضاء.

٢- الطيران

حينما تتوقف المحركات عن الدوران ستتكدل سفينة الفضاء بقطع المسافة الباقية بين الكوكبين (وهي تعادل أكثر من ٩٩ % من المسافة الكلية) فالصواريخ التى تنطلق من الأرض إلى الأجرام السماوية المجاورة، ستستفيد من حركاتها لقطع المسافة الأولى من رحلتها، وهى نحو ٢,٠٠٠ كيلو متر أو ما يقرب من ذلك. هذا بينما تقدر المسافة بين الأرض والقمر بمئات الآلاف من الكيلو مترات، كما أن المسافة بين الأرض والكواكب تقدر بملايين الكيلو مترات.

إن الشيء الوحيد الذى يتحرك فى خط مستقيم على الأرض، هو القطار فقط، أما بالنسبة لوسائل المواصلات الأخرى، فإنها تنحرف دوماً عن الخط الهندسى لطريقها. ويرجع ذلك، إما إلى عيوب فى الطريق، أو لتأثير الهواء، أو تيارات مائية، كما قد يرجع إلى أن المحركات فى حركتها لا تسير على معدل واحد، أو لأسباب أخرى.

الأمر على العكس من ذلك، بالنسبة للأشياء التى تتحرك فى الفضاء. إذ إن سفينة الفضاء لن تتأثر طوال مسافة سيرها، إلا بجاذبية الشمس فقط، كما أنها ستسير على خط محدد تمامًا، وكأنها تسير على طريق غير مرئى من طرق السكك الحديدية.

قد يبدو أن سفينة الفضاء، إذا ما انحرفت انحرافًا بسيطًا عن مسارها المحدد لها، فلن يكون ذلك مصدر خطر كبيرًا، طالما أن لديها متسعًا من المكان لتجنب الاصطدام بسفن الفضاء الأخرى. ولكن الأمر على العكس من ذلك، فالملاحه فى الفضاء. لابد أن تَنَم بدقة كبيرة، كما لابد وأن تتوفر اليقظة والحذر، أكثر مما هى الحال بالنسبة للملاحه فى البحر أو الجو. إذ إن أقل انحراف فى السرعة، أو اتجاه سفينة الفضاء قد تتجم عنه نتائج خطيرة، كما يتضح لنا من الأمثلة التالية:

لنفترض أن سفينة الفضاء متجهة إلى القمر، وانطلقت من الأرض بأقل سرعة لها. فإن هذه السفينة ستتوقف عن السير قبل الوصول إلى هدفها بأربعة آلاف كيلو متر. وذلك إذا ما نقصت سرعتها بما يساوى مترا واحدا فى الثانية. وبهذا يمكننا أن نتصور

مدى الصعوبة التى سيواجهها الملاح لتسيير سفينة فضاء، إذا كانت عجلتها نحو ٤ أو ٥ أمتار فى كل ١ من ١٠ من الثانية.

وسوف يزداد الموقف خطورة بصدد السفر إلى الكواكب، إذ لو نقصت سرعة سفينة الفضاء بما يساوى مترًا واحدًا فى الثانية، فإن هذا معناه نقص مدى الصاروخ بما يقدر بعشرات، إن لم يكن مئات الآلاف من الكيلو مترات.

ولنفترض أننا بسبيل الرحيل من الأرض إلى المشتري، فى مسار يقتضى أن تكون أقل سرعة للانطلاق هى ١٤,٢٢٦ متر فى الثانية. لو فرض أن هذه السرعة نقصت بمقدار متر واحد فى الثانية، فمعنى هذا إن سفينة الفضاء ستقف بعيدًا عن هدفها، بمقدار ٤٠٠,٠٠٠ كيلو متر. وإذا انحرفت السفينة بمقدار ٠,١ فى المائة عن هدفها فمعنى هذا أنها انحرفت بما يزيد على خمسة ملايين كيلو متر.

وقد يبتعد الصاروخ عن هدفه بمقدار مليون كيلو متر، إذا ما انحرف عن زاوية انطلاقه بما يعادل ٠,١ درجة.

لذلك يجب على الملاحين أن يكونوا يقظين دائمًا، حتى يتجنبوا الوقوع فى مثل هذه الأخطاء. كما يجب عليهم أن يعدلوا مسار

الصاروخ عن طريق إدارة أو وقف المحرك الموجه ذى القوة الضعيفة.

وكيف يتسنى للمسافرين عبر الفضاء أن يقدّروا المسافة التى قطعوها؟

إذا كانت الرحلة إلى القمر، فيمكن تقدير المسافة عن طريق التحقق من زوايا رؤية القمر أو الشمس، إذ كلما قلت الزاوية، كلما زادت المسافة. ويمكن تقدير البعد عن الشمس حسب تغير درجة الحرارة، إذ تستطيع العدادات الحرارية الكهربائية الحديثة، أن تسجل ذبذبات حرارية بمعدل $0,000001$ درجة سننجراد. وتساعد هذه الآلات على تقدير البعد عن الشمس فى حدود كيلو مترين أو ثلاثة.

٣- الحياة داخل سفينة الفضاء

منذ أكثر من مائة عام مضت، دخلت إحدى المجلات الإنجليزية فى جدال عنيف مع المخترع الإنجليزي المشهور جورج ستيفنسون. زعمت هذه المجلة بأنه ليس ثمة شىء أكثر بطلاناً من الادعاء بأن فى الإمكان بناء قاطرة تسير بسرعة تقدر بضعف سرعة عربة البريد؛ واستمرت المجلة تقول: ومن الغباء الاعتقاد بأن سكان وولويتش سيأمنون على حياتهم ويثقون فى هذه الآلة. إذ إن هذا معناه أنهم سيلقون بأنفسهم للاحتراق داخل صاروخ.

ومن الطريف أن ستيفنسون أطلق على أول قاطرة اسم "صاروخ" ولقد تحرك "الصاروخ" فى السباق الذى تم بعد ذلك بسرعة تعادل أضعاف سرعة عربة البريد، ووصل ركابه إلى هدفهم فى أمن وسلام.

ولا شك فى أن ستيفنسون نفسه كان سيدهش، إذا ما نمت إلى علمه أن الإنسان سيتمكن من السفر داخل صاروخ حقيقى يسير

بسرعة كونية ويتم رحلته فى أمن وسلام، وأن ذلك سيتحقق بعد أن تنتهى بعض الشروط الضرورية.

ويلاحظ أن كلا من الإنسان وسفينة الفضاء سيتأثران بحالات من الجذب، نتيجة تزايد السرعة، عند انطلاق الصاروخ.

لهذا فإن مدى تحمل الجهاز العضوى للإنسان، هو الذى سيحدد شدة الجذب التى يمكن أن نتجاوز عنها، كما أنه سيحدد بالتالى المدى الذى تزيد السرعة وفقاً له. ويمكن بلوغ السرعات الكونية بعد بضع دقائق، إذا ما زادت عجلة التناقل إلى أربعة أو خمسة أمثالها.

وتفيدنا الخبرة العملية أن الإنسان قادر على تحمل حالات من الجذب والضغط الكبير. ويتبين لنا ذلك مثلاً إذا ما ركب الإنسان عربة تتحرك بسرعة هائلة. ثم تقف فجأة، أو حينما تغطس تحت الماء من فوق ارتفاع معين. كما أن الطيار يواجه حالات من الضغط الشديد، إذا ما أطلقت مركبته الهوائية من فوق قاعدة لإطلاق القذائف والصواريخ، أو حينما يقوم ببعض الألعاب البهلوانية فى الهواء.

ولقد أجريت تجارب خاصة، بهدف زيادة معلوماتنا فى هذا الصدد. وهاك مثال من تلك التجارب: وضع رجل لمدة ست دقائق

داخل مركب تسير فى حركة دورانية. وكان هذا المركب دائرى الشكل، ونصف قطره خمسة أمتار، كما كان يتحرك بسرعة تساوى ١٤ مترا فى الثانية، وروعى أن تكون الظروف الملائمة للتجربة مماثلة لتلك التى سيواجهها الإنسان أثناء السفر بين الكواكب. ولقد نجحت التجربة، ولم يترتب عليها أى أذى للإنسان.

وتبين أن قدرة الجهاز العضوى على التحمل، تتوقف إلى حد كبير على وضع الجسم أثناء الطيران بسرعة متزايدة. وأثبتت التجارب أن الإنسان فى الوضع الانبطاحى أقدر على تحمل حالات الضغط الشديد، مما لو كان متخذاً وضع الوقوف أو الجلوس.

ولقد جهزت الصواريخ الآن بوسائد خاصة تتعدل بنفسها، حسب هيئة الجسم حينما تعثره حالة من الضغط المفرط. والهدف المقصود من ذلك هو زيادة مقاومة الكائن العضوى.

ويجب أن نضع فى اعتبارنا التدريب البدنى، فقد ثبت أن من تدربوا تدريباً بدنياً جيداً يتحملون ضغطاً يزيد على وزنهم بمقدار خمس عشرة مرة، وأنهم يستمرون فى ذلك لمدة دقيقتين أو ثلاث دقائق. وتبين حسب وجهة نظر علم وظائف الأعضاء، أن هذه القدرة

من التحمل، لا تكفى فقط للسير عبر الفضاء الموجود بين الكواكب، بل إلى ما هو أبعد من ذلك.

ومن الطبيعي جدا أن الناس الذين يسافرون فى صاروخ يتحرك عبر الفضاء، بقوة دفع كمية حركته الذاتية، لن يشعروا بأن لهم ثقلاً بالمرّة. إذ إن الإحساس بالثقل ناجم عن الضغط الذى يقع على جسم الإنسان، من حامل يحمله (مثل ضغط الأرض، أو السرير أو الكرسي... إلخ). كما أنه نتيجة للضغط المتبادل بين أجزاء الجسم وبعضها بعضاً، ولو فرض أننا انتزعنا هذا الحامل الذى يركن إليه الإنسان، فإن الإحساس بالثقل سينتجى أيضاً.

لنفترض، مثلاً أننا بداخل مصعد صمم بطريقة خاصة. وأن هذا المصعد يهبط بنا الآن دون أن يعوقه أى شىء. حينئذ ستهبط كل الأشياء الموجودة بداخل المصعد، بنفس السرعة، ولهذا فلن يكون لأحدنا أى ضغط على الآخر. ولو افترضنا أن شيئاً ما، فى يدك، ثم تركته يسقط، فإنه لن يسقط على أرضية المصعد. والسبب فى ذلك، هو أن هذا الشىء قد فقد ثقله، تماماً كما فقدت كل الأشياء الأخرى الموجودة داخل المصعد ثقليها بما فيها أنت نفسك.

وهناك مثال آخر. إذا وضعنا ثلاثة قوالب من الطوب فوق بعضها، فإن القالب الأول سيكون له ضغط معين على القالب الموضوع في الوسط، بينما سيكون ضغط القالب الثانى على القالب الثالث ضعف ضغط القالب الأول. ولو تصورنا أننا ألقينا بهذه القوالب الثلاثة، وهى فى نفس الوضع، من النافذة، فإنها لن تضغط على بعضها، إذ لن يكون أى منهم حاملاً للآخر.

ونحن على سبيل المثال نشعر بفقدان الثقل على الأرض حينما نترك الحامل الذى يمسكنا ونغطس فى الماء. أو حينما نهبط من الطائرة وننزل على ميل. وإذا قفزت من على ارتفاع وأنت تحمل فى جيبك شيئاً له ثقل، فإنك لن تشعر بهذا الثقل إذا كنت تهبط فى مجال ليست فيه مقاومة. ويلاحظ أن الشخص الذى ينزلق على الجليد من فوق جبل مثلاً، يشعر بفقدان جزئى للثقل، وهذه هى الحال بالنسبة للشخص الذى يترنج، وخاصة بعد أن يصل إلى أعلى جزء. ومن المعروف كذلك أن الهابطين بالمظلات، والأشخاص الذين يقومون بالألعاب البهلوانية، يحسون بفقدان الثقل، دون أن يفقدوا توازنهم، أو تنظيم حركاتهم.

ويقصد بلفظة "ثقل" بوجه عام فى علم الأسفار عبر الفضاء، القوة التى تحفظ الناس والأجهزة فوق أرضية سفينة الفضاء. وإذا

حدث أن انعدمت هذه القوة، فلن يكون هناك أى ضغط متبادل بين الناس و الأشياء وبين بعضها بعضًا، وستصبح غير ذات ثقل.

ويقول بعض أولى الشأن بأن ثقل الإنسان، أو الشيء فوق سطح الصاروخ يبدو وكأنه ينخفض ويزداد أثناء الطيران. إلا لكننا على أية حال لا نقر هذا الرأى، طالما أن الفارق الفعلى فى الثقل يمكن تسجيله بواسطة آلات خاصة بذلك.

وبين لنا الشكل رقم ١٠، كيف أن ثقل الجسم يتغير داخل الصاروخ. إذ يلاحظ أن ثقل كيلو جرام واحد معلق فى ميزان زنبركى، يحرك مؤشر الميزان ليشير إلى علامة كيلو جرام واحد، وهذا بالنسبة للثقل قبل انطلاق الصاروخ. أما بعد أن يحمل الهواء الصاروخ، فإن ثقل الأجسام الموجودة بالداخل تزداد إلى أضعافها، إذ قد تصل مثلاً إلى أربعة أمثالها، وبهذا يشير مؤشر الميزان إلى علامة ٤ كيلو جرامات. وحينما يتحرك الصاروخ بقوة دفع كمية حركته الذاتية، فإن كل الأجسام الموجودة بداخله تفقد ثقلها. وبهذا يعود مؤشر الميزان إلى العلامة صفر.

ما زال أمامنا كثير من الجهود الشاقة المضنية، التى يجب علينا أن نبذلها لحل مسألة تموين المسافرين عبر الفضاء بكميات كافية من الأكسجين والماء والطعام، وذلك فى أولى رحلاتهم إلى

المريخ والزهرة. إذ إن هذه الرحلة ستستغرق أكثر من عامين. وما زلنا كذلك في حاجة إلى القيام بدراسة تفصيلية أكثر مما هو الآن لحل مشكلة تنقية الماء والهواء على ظهر سفينة للفضاء. لكن أهم شيء الآن هو؛ أن حل هذه المشكلة كلها أصبح من الأمور الممكنة عمليا.



(شكل ١٠) يوضح نسبة تغير ثقل جسم من الأجسام أثناء السفر بين الكواكب.

٤- مخاطر الطيران عبر الفضاء

تتعرض الأرض، دائماً إلى الاصطدام بالشهب، إذ يقع فى خلال العام الواحد عدة مئات من الشهب على سطح كوكبنا. وهذه الشهب عبارة عن أجسام معدنية أو حجرية، ذات أحجام مختلفة، ويبلغ قطر بعض هذه الشهب عدة أمتار، قبل دخولها نطاق الغلاف الغازى المحيط بالأرض. ومع أن هذه الجزيئات النيزكية بعيدة بعداً شامخاً، فإن معدل سرعة سقوطها على الأرض ما بين عشرة ومائة ألف جزء من الثانية. ويبلغ الوزن الكلى لمجموع الأجسام النيزكية التى تصل إلى سطح الأرض فى اليوم الواحد من عشرة إلى عشرين طناً. وتصل سرعتها خارج الغلاف الغازى المحيط بالأرض بين عشرة وسبعين كيلو متراً فى الثانية.

وتزداد درجة حرارة النيازك داخل الغلاف الغازى. ويرجع ذلك لاحتكاكها بالهواء. وتتوهج فى بعض الأحيان مثل الشمس، إن لم يكن أكثر. وقد يحدث نتيجة اصطدام أحد النيازك بسطح الأرض

أن تتكون فجوة يبلغ قطرها عدة كيلو مترات. ومن المحتمل جدا أن تتحطم سفينة الفضاء إذا ما اصطدم بها نيزك كبير الحجم. ومن الخطورة بمكان أن يحدث أى ثقب، ولو كان صغيرا جدا، فى هيكل السفينة الخارجى، إذ سيتسرب الهواء منها فى سرعة كبيرة تعادل سرعة الصوت. ولقد أثبتت التجارب مع ذلك أن الإنسان سيظل محتفظا بوعيه لمدة تقرب من خمس عشرة ثانية بعد الاصطدام بالجسم الخارجى. وهى مدة كافية لكى يتمكن الإنسان من ارتداء قناع الأكسجين المثبت ببذلة الفضاء.

ومن الممكن جدا أن تحطم الشهب المجهرية هيكل السفينة، إذا ما ظلت ترتطم بها، مدة تكفى لكى تؤثر فيها. وتمثل هذا النوع من الشهب خطرا أساسيا على الأقمار الصناعية التى تدور حول الأرض لمدة طويلة من الزمن. كما يقول المثل القديم، "قطرات الماء تبلى الحجر، مع مرور الزمن".

ولقد أجريت تجربة فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٥٣، كانت هذه التجربة على ارتفاع ما بين ٤٠ و ١٤٠ كيلو مترا. وحدثت فى أثنائها ٦٦ صدمة فى فترة مدتها ١٤٤ ثانية، أى بمعدل ٤,٩ صدمة فى الثانية فى مساحة قدرها متر مربع. وقد أجريت

تجارب أخرى على ألواح معدنية مصقولة. إذ عرضت هذه الألواح على ارتفاع عال جدا. ثم اختبرت بالمجهر بعد إعدادتها، فبين أنه قد تكونت بها سنون دقيقة جدا، وهى آثار صدمات شهب مجهرية.

ولم يتمكن العلماء بعد من معرفة الطرق الفاعلة التى يمكن بها حماية سفينة الفضاء من تهديد الشهب. ولكنهم على أية حال أحرزوا بعض التقدم فى هذا المجال. ونحن نعرف مثلا أن الشهب ليست موزعة توزيعا متعادلا فى المكان والزمان. ولقد قام العلماء بدراسة شظايا النيازك ووقت سقوطها. وهناك بحث مفصل عن مدارات أسراب الشهب المختلفة، والمعلومات التى تحصل عليها ستعين المسافرين عبر الفضاء على اختيار المسار الصحيح، لكى يبدأوا رحلتهم فى اللحظة المناسبة، كما أنهم سيتمكنون من الوصول إلى القمر فى فترة "الهدوء النيزكى"، ثم يعودون إلى وطنهم دون أن يخطروا بأنفسهم ويتعرضوا للاصطدام بشهب كبيرة الحجم، أثناء رحلتهم. وسوف تجهز سفينة الفضاء بلوحة معدنية خارجية، تكفى لحمايتها من الغبار النيزكى، هذا، بينما سيحميها الغلاف الداخلى من الشهب الصغيرة.

وحيثما تجاوز سفينة الفضاء مدار المريخ، فإنها ستواجه حينئذ خطراً آخر، ألا وهو خطر الاصطدام بأحد الكواكب الصغرى، أو الكويكبات. إذ تدور هذه الكويكبات بين مدار المريخ والمشتري. ولقد حدد علماء الفلك الطرق التي تسير فيها ما يقرب من ١,٦٠٠ كوكب من هذه الكواكب، كما تمكنوا من رسمها.

وتقدر الكتلة الكلية للكواكب الصغرى، بما يقرب من كتلة المادة النيزكية بأكملها الموجودة ضمن المجموعة الشمسية، (وهي نحو واحد على ألف من كتلة الأرض) وواضح تماماً أن أى اصطدام بأى من هذه الأجرام، معناه نهاية سفينة الفضاء. ويبلغ قطر أصغر هذه الأجرام نحو كيلو متر.

ولكى نتجنب الاصطدام بهذه الشهب والكويكبات، تجهز السفينة بجهاز رادار، ويستخدم هذا الجهاز لإعطاء تحذير في الوقت المناسب وتحويل الصاروخ تلقائياً عن طريقه. إلا أن هذه مشكلة صعبة. ويرجع ذلك إلى السرعة الهائلة التي تتحرك بها الأجسام النيزكية في الفضاء.

وتعتبر الفراغ الموجود بين الكواكب، الأشعة البنفسجية التي تصدر عن الشمس، والأشعة المسماة بالأشعة الكونية. أما عن الأشعة

فوق البنفسجية فيمكن الحيلولة دون نفاذها بواسطة اللوح المعدني المركب حول سفينة الفضاء. أما الأشعة الكونية فإنها ستتفد لا محالة من خلال هذا اللوح في غاية السهولة. إذ إنها أقدر أنواع الأشعة على النفاذ في الأجسام. وما زلنا في حاجة إلى مزيد من البحث لمعرفة طرق الوقاية الكافية.

وأجرى العالم السويسري إيوجستر، الاختبار التالي للتأكد من تأثير الأشعة الكونية على الجسم الإنساني. فقد وضع قطعة صغيرة من الجلد الإنساني المحفوظ داخل صاروخ بعيد المدى، ورفعها إلى طبقات الجو العليا وعرضها للأشعة الكونية على هذا الارتفاع الشاهق، وبعد أن عاد الصاروخ لحمل العالم قطعة الجلد بجسم إنسان ونجحت العملية. وبهذا ثبت من البحث الذي استخدم فيه الصاروخ بعيد المدى، أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية، والأشعة الكونية لمدة قصيرة من الزمن، لن ينجم عنه أى أذى. ولا يتوقف هذا الأمر على الحيوانات الدنيا فقط بل يصدق كذلك على القروء. لكن التجارب التي ذكرت هنا لا يمكن اعتبارها تجارب قطعية.

وسوف نتعرض كذلك حياة المسافرين في صاروخ ذرى لخطر الإشعاع الذرى الذى يشع من الوقود النووى. إذ إن النشاط

الإشعاعى قد يمتد ويصل إلى بعض أجزاء سفينة الفضاء. وهذا من شأنه أن يعرض الركاب للأذى. ولذلك فلا بد من إعداد دروع خاصة لوقاية الركاب من خطر النشاط الإشعاعى.

٥- الهبوط

كيف تتم عملية هبوط سفينة الفضاء العائدة؟

لو عالجنّا المشكلة نظريًا، سنقول باستخدام محرك صاروخي لتحقيق هذا الغرض. ولكي تدور السفينة لتتجه نحو الأرض، ستضطر إلى خفض سرعة الصاروخ وذلك باستخدام الغازات العادمة التي تدفع الصاروخ في الاتجاه المضاد. إلا أن هذه العملية تستلزم قدرًا هامًا من الوقود وليس هناك الصاروخ الذي يسع هذا القدر من الوقود.

وهناك طريقة أخرى لتهدئة سرعة سفينة الفضاء، وذلك عن طريق الاستفادة بمقاومة الهواء. ومع ذلك فإن الحرارة الناتجة عن الاحتكاك ستجعل من المستحيل علينا استخدام المظلات لأنها ستحترق في الحال. ويصدق هذا الكلام أيضًا على سفينة الفضاء التي تطلق من فوق كوكب صناعي. ولن يلائم هذا كله عملية الهبوط على الأرض، لأن السفينة بناء ضخم جدرانه رقيقة وخالية من الخطوط

الانسيابية التى تحفر على الهيكل الخارجى. ويكفى أن تصل إلى الغلاف الغازى حتى تبيضُ من شدة الحرارة. وحينما تقترب السفينة من طبقات الجو العليا سيخذ البحارة حينئذ أماكنهم فى سهم فضائى له غلاف خارجى مخطط بخطوط انسيابية. وسوف تتحول سفينة الفضاء فى هذا المكان السحيق الذى توجد به، إما إلى قمر صناعى تابع للأرض وذلك إذا كانت لا تزال بها بقية من الوقود يكفيها لتتخذ لنفسها مدارًا دائريًا. وإما أن تحترق داخل الغلاف الغازى.

سيدخل السهم الفضائى طبقات الجو العليا، وهو يتحرك بسرعة تزيد على أحد عشر كيلو مترًا فى الثانية. لكنه سيظهر ثانية فى الفضاء بعد أن يلاقى قدرًا معينًا من الممانعة بسبب مقاومة الهواء. وبعد سلسلة من المناورات بهذه الطريقة يكون السهم الفضائى قد استنفد أغلب سرعته الزائدة على الحاجة، ويتجنب بذلك السخونة الشديدة أثناء نزوله.

ونظرًا لانخفاض سرعة السهم الفضائى المنزلق، فإن سطح أجنحته "الأصلية" سيصبح غير كافٍ لمساعدته على الانزلاق، وفى هذه المرحلة الحرجة ستبدأ الأجنحة المنكمشة فى القيام بدورها. وبعد أن تتعادل بعد انقضاء بضع ساعات فى الهبوط.

وهذا هو نفس الإجراء الذى سيتبع مع المسافرين العائدين إلى الأرض من محطة فضائية. وفى هذه الحالة سيُقدف السهم المنزلق من المحطة بواسطة محرك صاروخى له قوة دفع ضعيفة. إذ سيدفعه هذا الصاروخ دفعة بسيطة فى الاتجاه المضاد لحركة المحطة، وبعد أن يفقد جزءاً من سرعته السابقة، يبدأ السهم المنزلق فى الدخول تدريجياً داخل نطاق الغلاف الغازى.

القمر الصناعي

١ - بناء القمر

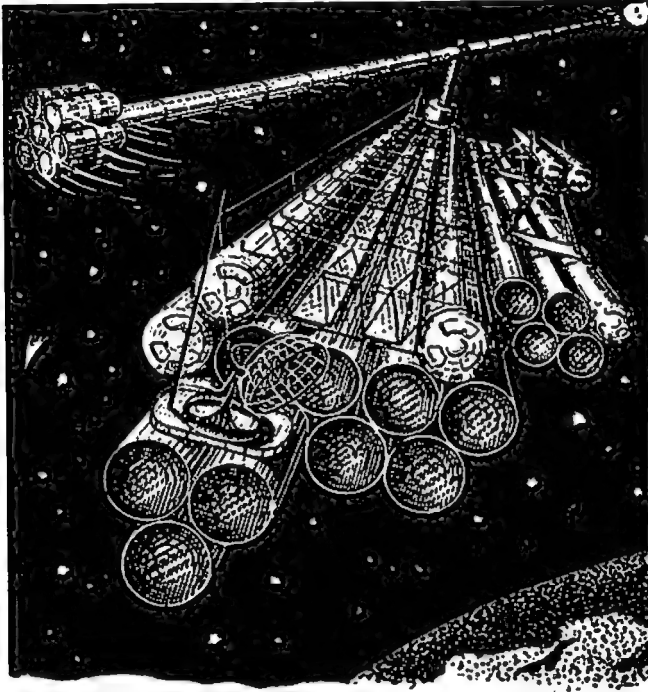
إن أولى مراحل انتصار الإنسان على الفضاء فى الكون هي؛
بناء قمر صناعى للأرض، أى بناء آلة تطير وتدور حول كوكبنا
مثل القمر.

والقمر الصناعى يشبه سفينة الفضاء تماما من حيث إنه سيبنى
ويوضع موضع الاختبار على ظهر الأرض. ثم يفك بعد ذلك ويرسل
إلى مدار حدد من قبل حيث يعاد جمعه هناك (شكل ١١).

بعد أن يستقر الصاروخ ذو المراحل الثلاث أو الأربع فى
مداره، سيلحق بصاروخ ثان وثالث ورابع. وهكذا وسوف تضم هذه
الصواريخ إلى بعضها بحيث تكون كلا واحدا. كما ستستخدم حجلات
وخزانات الوقود، بعد تهيئتها وإعدادها إعدادا خاصا، ستستخدم
باعتبارها مساكن ومعامل ومصانع... إلخ.

وستجهز كل هذه الحجلات بالهواء المكيف وأجهزة حبس
الهواء كى تحول دون تسرب الهواء إلى الخارج.

وفى الوقت المناسب سترسل كل المعدات اللازمة للمحطة الفضائية. ويمكن استخدام توربينات الغاز، وأجهزة القياس وآلات تقدير الحرارة وغير ذلك، كما يمكن استخدام الوقود الزائد على الحاجة، والمادة المؤكسدة الموجودة فى الصواريخ التى يتكون منها القمر.



(شكل ١١) صورة تمثل التصميم المحتمل وضعه للقمر لصناعى، ويلاحظ أن الجزء الأسفل من القمر الصناعى يسوده اتعلم الثقيل، بينما نجد أن الجانبية الصناعية تسود جزءه الأعلى. وقد نشأت هذه الجانبية بفعل الحركة الدورانية.

ويمكن إنشاء الجاذبية الصناعية حول محطة الفضاء حتى يشعر سكانها (شكل ١١). ولكن على أى ارتفاع سيبنى القمر الصناعي؟

لا شك أن اقتراب القمر من الأرض من العوامل التى تسهل الاتصال به. ولكن إذا ما اضطر القمر إلى السير داخل الطبقات الكثيفة للغلاف الغازى المحيط بالأرض، فإن الهواء سيعرقل حركته ويقلل من سرعته، وبالتالي سيسقط على الأرض. ولهذا يجب أن يوضع بعيدًا عن الطبقات الكثيفة للغلاف الجوى.

ليس من الميسور تحديد الحد الأقصى الذى ينتهى عنده غلاف الأرض الجوى، فهو يمتد إلى أعلى مع انخفاض نسبة كثافته كلما ارتفع. فكثافة الهواء مثلاً عند قمة أنجلس (٦,٨ كيلو مترات) تقرب من نصف كثافة الهواء الموجود فى مستوى سطح البحر. وتصل هذه الكثافة إلى الثلث على ارتفاع عشرة كيلو مترات، وهى العشرة فقط على ارتفاع ١٨ كيلو متراً ويلاحظ أن الشهاب لا تحترق فى المستويات التى هى أبعد من ١٥٠ كيلو متراً، على الرغم من أن سرعتها قد تبلغ عشرة أمثال سرعة القمر الجديد. ويندر وجود الهواء بعد ارتفاع ٢٠٠ كيلو متر، حتى يصح لنا القول بأنه غير موجود.

ولذلك فمن المفضل أن تكون محطة القمر الصناعي على هذا الارتفاع.

والقمر الصناعي لا يختلف عن أى جسم ساقط، إذ يمكنه أن يتحرك فى مستوى يمر خلال مركز الأرض، أى عبر خط الزوال مثلاً. ويخضع القمر الصناعي لنفس قوانين الطبيعة تماماً مثل الأجرام السماوية الأخرى. ومن هنا فإن سرعته ومدة دورانه حول الأرض تتوقفان على ارتفاعه.

ولو حدث أن انخفضت سرعة القمر الصناعي ولو شيئاً بسيطاً فإنه سيترك مداره ويسقط على الأرض فى مسار على شكل قوس ممتد.

٢- الاستفادة من القمر الصناعي

إن علم الأرصاد الحديث لم يجمع بعد معلومات كافية تساعد على التأكد من القوانين الطبيعية التي تخضع لها العمليات الجوية. وذلك لأننا الآن لا يمكننا أن نرصد طبقات الجو العليا إلا على فترات قصيرة. ولهذا فإن الأقمار الصناعية ستساعدنا جدا في هذا المجال، وذلك لأنها ستتمكننا من عملية الرصد المستمرة.

ولقد بلغت فكرة تصميم القمر الصناعي التابع للأرض مرحلة تسمح لنا بأن نطلق القمر في خلال عامين أو ثلاثة. ويعمل كل من الاتحاد السوفيتي، والولايات المتحدة وبعض البلاد الأخرى من أجل بلوغ هذا الهدف؛ وأول قمر صناعي سيكون عبارة عن صاروخ صغير في الحجم ليس به أدميون ولا يزيد قطره على نصف متر. وسوف تنتقل تسجيلاته التي تسجلها الآلات الموجودة به إلى الأرض بواسطة الراديو .

ستأتى بعد ذلك مرحلة المراسد الطائرة التى يوجد بها آدميون. ولكى تسجل عملية مراقبة سطح الأرض، فلا بد وأن تطلق فى مسارات تمر فوق القطبين، وسوف يكمل المرصد الطائر ست عشرة دورة حول الأرض فى خلال أربع وعشرين ساعة، كما يقوم بتصوير سطحها كله أثناء النهار.

وسيكون القمر الصناعى مفيدا جدا فى دراسة الطبيعة، وتوزيع السحب فى الأرجاء الواسعة المحيطة بكوكبنا. كما سيفيدنا كذلك فى تحديد الحدود التى ينتهى عندها كل من الكتل الدافئة والباردة من الهواء، وتحديد اتجاه الزوابع. وسوف تتمكن المحطات الطائرة للأرصاد الجوية من أن تسجل بدقة مقاييس الحرارة والضغط، وكثافة الهواء.. إلخ، فى طبقات الجو العليا. كما أن دراسة الإشعاعات الشمسية ستمكننا من تحديد ما يستنفذه كوكبنا من طاقة شمسية بصورة دورية. وتساعدنا هذه الدراسة على التنبؤ الصحيح بالطقس، وشروط المراسلة بالراديو.

ولا شك أن القمر الصناعى سيتعرض دائما لكمية ضخمة من الطاقة الشمسية. ورأى تسيلوكوفسكى أنه من الممكن الاستفادة بهذه الطاقة فى تنمية النباتات داخل بيوت زجاجية خارج الكرة الأرضية.

ورأى أن سكان الجزيرة السماوية يستطيعون بذلك أن يجدوا حاجتهم من الطعام النباتي.

ومن الواضح أن معامل الأبحاث النووية التي ستقام هناك، ستجد بين يديها قدرًا ضخمًا من الأشعة الكونية لدراستها.

ومن مميزات القمر الصناعي أنه سيكون مكانًا ممتازًا للإذاعة على الموجة القصيرة وغيرها من الموجات فوق القصيرة.

واقترح تسيولكوفسكى اقتراحًا لتسهيل عملية السفر بين الكواكب. ومضمون هذا الاقتراح هو؛ تقسيم الفضاء الموجود بين الكواكب إلى مراحل. ويستخدم القمر الصناعي التابع للأرض باعتباره رصيفًا لتغيير الصواريخ.

وإذا تم صنع هذا الرصيف فإن خروج الصواريخ إلى الفضاء من فوقه سيكون أسهل بلا شك مما لو يبدأ من الأرض. ويكفى في هذه الحالة السير بسرعة ٣,١ إلى ٣,٦ كيلو مترات في الثانية للوصول إلى القمر أو الزهرة أو المريخ. وذلك لأن الرصيف نفسه يتحرك هو الآخر بسرعة تقرب من ثمانية كيلو مترات في الثانية. بينما نجد أن السرعة اللازمة للإفلات من الأرض هي ١١,٢ كيلو متر في الثانية.

وثمة مشاريع عدة بخصوص السفر عبر الفضاء مع التوقف في محطة سماوية بين الكواكب.

ويرى أحد خبراء المشاريع أن الصاروخ ينطلق من الأرض ويصل إلى محطة الفضاء. وهنا يزود الصاروخ بكل ما يلزمه من وقود وطعام كي يواصل رحلته.

وثمة مشروع آخر. ويرى هذا المشروع أن المسافرين عبر الفضاء يقومون بتغيير الصواريخ التي يستقلونها هناك في المحطة الموجودة بين الكواكب. أما الصاروخ الذي سيواصلون به رحلتهم فإنهم يقومون بتركيبه من مجموعة الأجزاء التي يحضرونها معهم من الأرض، بالإضافة إلى بعض المعدات الموجودة في الصاروخ الأول.

وستعود علينا محطة الفضاء بالفائدة في نواح أخرى كثيرة، إذ سيتمكن المسافرون عبر الفضاء من القيام بتجارب معينة عن طريق الطيران في الفضاء، لكشف الظروف التي ستتم فيها رحلات الفضاء في المستقبل. وثمة أبحاث تفصيلية شاملة سيقوم بها العلماء لمعرفة أثر فقدان الثقل على الإنسان، وخاصة إذا استمرت هذه الحالة مدة طويلة. كما سيدرسون أثر الجاذبية الصناعية على الإنسان وهكذا.

وسوف يكون من المستطاع القيام بأبحاث فوق ظهر جزيرة الفضاء لإعداد الوسائل اللازمة للوقاية من تهديد الشهب. أما من سيكتب لهم بأن يكونوا ضمن المسافرين عبر الفضاء فإنهم سيستخدمون محطة الفضاء باعتبارها قاعدة لإتقان الفن العملى لتوجيه الصاروخ فى الفضاء.

وسوف يتمكن العلماء من الحصول على أغلب المعلومات التى هم فى حاجة إليها كى يتمكنوا من تنفيذ أفضل الطرق لتصميم سفينة الفضاء والسهم الهابط.

وترى بعض الأوساط العلمية، أنه من المحتمل أن يحل القمر فى المستقبل محل محطة الفضاء. إلا أن هذه الفكرة غير صحيحة لأن القمر بعيد جدًا عن كوكبنا. ويضاف إلى هذا أن كتلة القمر وبالتالي جاذبيته كبيرة جدًا: ومن ثم فإن هذا من شأنه أن يكلفنا كثيرًا جدًا من الوقود حتى تتمكن سفينة الفضاء من أن ترسو على سطحه ثم تنطلق منه مرة أخرى.

ولكن من يدر، فقد يكون للأرض قمر آخر أصغر حجمًا من القمر الطبيعى أو عدد من التوابع الطبيعية الصغيرة التى لم تكتشف بعد؟ وبهذا سيكون من السهل جدًا بناء مرصد طائر أو محطة فضاء فوق هذه الأقمار.

ومع ذلك فلو فرض أن مثل هذه التوابع موجودة بالفعل فإنها صغيرة الحجم للغاية، ومن الصعب جدًا تحديد موقعها. ويكاد يكون من المستحيل تحديد مسار كوكب دقيق بواسطة التلسكوب، على الرغم من أنه يدور حول الأرض على مسافة قصيرة. وذلك لأنه يتحرك بسرعة هائلة. ولهذا فإن فكرة بناء محطة فضاء فوق أحد التوابع الطبيعية التابعة للأرض تكاد تكون في عداد المستحيلات.

رحلات الفضاء

١- رحلة إلى القمر

لاشك أن القمر سيكون أول هدف يقصده الإنسان في سلسلة رحلاته عبر الفضاء. ويبعد القمر عن الأرض بنحو ٣٨٤,٠٠٠ كيلو متر أى ٠,٠١ من المسافة التى تفصل بين الزهرة والأرض حينما تكون الزهرة فى أقرب نقطة لها من الأرض. وتعتبر هذه المسافة قصيرة إلى حد كبير، حتى ولو كانت بالنسبة للمسافات الأرضية. إذ إن هناك الكثير من ركاب السكك الحديدية. والبحارة الذين قطعوا نفس المسافة. وهناك كثير من الطيارين الذين قطعوا بطائراتهم مسافات تعادل هذا البعد مرتين.

والإنسان قادر على تسلق أعلى الجبال. ولكن هل ستكون لديه القوة الكافية التى تساعد على الصعود إلى القمر لو افترضنا وجود سلم يصل بين الأرض والقمر؟

لقد أثبتت التجارب العديدة أن الإنسان لى يرتقى ارتفاعا قدره ١٥٥٠ مترا، فإنه يحتاج إلى جهد يساوى الجهد الذى يبذله فى يوم

كامل. وحسب هذا التقدير فإن الإنسان يحتاج إلى ٦٨٠ عاما كي يصل إلى القمر. إلا أن هذا التقدير يكون صحيحاً في حالة واحدة فقط وهي؛ أن الرحلة ستتم في نفس الظروف وب نفس السرعة التي كانت عليها في اليوم الأول. ومع ذلك فإنه فرض خاطئ. إذ إن جاذبية الأرض نقل كلما زادت المسافة التي تسلكها المسافر. وهذه الظاهرة من شأنها أن تساعد على زيادة سرعته باستمرار وإتمام رحلته خلال أحد عشر عاماً.

ولكن كيف يكون الحال إذا استخدمنا الصاروخ؟ وكم المدة التي سيستغرقها الصاروخ حتى يصل إلى القمر؟ يمكن للصاروخ أن يصل إلى القمر في مدة ٥١ ساعة، وذلك إذا ما تخلص من الأرض بسرعة قدرها ١١,٢ كيلو متر في الثانية.

ولن يتمكن الإنسان من توجيه الكواكب الأولى فقط، توجيهها لاسلكياً، بل سيوجه كذلك الصواريخ القمرية الأولى. وسيتمكن العلماء من تتبع خط طيران هذه الكواكب والصواريخ عن طريق الإشارات اللاسلكية التي ترسلها.

وسيحمل الصاروخ مسحوقاً متوهجاً، وحينما يرى العلماء وهجاً دلالة على اشتعال هذا المسحوق فهذا معناه أن الصاروخ قد

سقط على سطح القمر فى نفس اللحظة التى حدث فيها التوهج. وإذا سقط الصاروخ على الجزء المعتم من وجه القمر، فإن هذا سيساعد بالتأكيد على رؤية اشتعال المسحوق المتوهج بوضوح أكثر. ومن الممكن بالإضافة إلى ذلك أن يتطاير مسحوق أبيض، ويشغل مساحة واسعة، نتيجة سقوط الصاروخ على القمر. وهذا المسحوق يمكن رؤيته من فوق سطح الأرض.

وفى مرحلة ثالثة سيتمكن العلماء من إطلاق صواريخ أقوى من هذه الصواريخ من فوق إحدى محطات الفضاء. ومن المحتمل أن تتحول هذه الصواريخ إلى كواكب صناعية تابعة للقمر وتدور حوله مدة طويلة من الزمن دون حاجة إلى وقود. ولا شك فى أن هذا النوع من الصواريخ، سيساعده على دراسة القمر. نظرا لما يمتاز به من ميزات اقتصادية.

وتبين لنا بعض العمليات الحسابية أن صاروخا زنته عشرة أطنان، وسرعة العادم ٤ كيلو مترات فى الثانية، لا يحتاج إلى أكثر من اثنى عشر طنا من الوقود حتى يتمكن من الدروان حول القمر. وذلك إذا ما انطلق من فوق قمر صناعى تابع للأرض. أما إذا انطلق من فوق الأرض فإنه سيحتاج إلى ١٥٠ طنا من الوقود. وإذا ما

كانت سرعة العادم ٢,٥ كيلو متر فى الثانية، فإن تقدير اتنا تتغير
وتصبح فى الحالة الأولى ٢٥ طنا من الوقود، و ٨٤٠ طنا فى الحالة
الثانية. ونحن نسوق هذا القول على افتراض أن سفينة الفضاء هنا
ستطلق بأقصى سرعتها منذ اللحظة الأولى ودون استنفاد وقود
إضافى للتغلب على مقاومة الهواء.

ونظرًا لأننا لا نرى، ونحن على الأرض، إلا أحد نصفي
القمر، فإن العلم يهتم جدًا بالفائدة المنتظرة من بحث النصف الثانى.
وقد يتم الطيران فوق ذلك النصف فى وقت يكون سطحه كله مضاء
بأشعة الشمس أى تتم مع قمر جديد.

ويمكننا أن نفترض بأن نصف القمر الذى لا نراه من على
سطح الأرض لا يختلف أساسا عن النصف الآخر. ومن المحتمل
كذلك أن يكون - مثله - جافا تماما وليس به ماء، وخاليا بالتالى من
أى نوع من الهواء. وللمسافرين أن يتوقعوا رؤية أشياء كثيرة. فقد
يروا أماكن سوداء كبيرة حيث توجد وديان، وهى التى تسمى
"بالبحار". كما سيرون سفوح جبال تقطعها شقوق عميقة، وجبالا
قَمَمها مضيئة، ومظلمة تماما عند أسفلها. وينتظر أن يروا نِوْءات
دائرية مسننة، ومنحدرات زلقة من الداخل ولكنها تنحدر بالتدريج

نحو حافتها الخارجية (المدرجات الجبلية) وسلاسل من فوهات
البراكين وقطعا من الرماد البركاني ذات لون أبيض كالثلج تبهر
الأبصار (الأشعة المضيئة).

ولنتخيل أن سفينة للفضاء بنيت حسب التصميم الموضح فى
الشكل رقم ٩، ولنفترض أنها انطلقت من محطة فضاء بهدف القيام
ببحث عن القمر (صورة ١ - شكل ٩).

ويلاحظ أن سرعة سفينة الفضاء ستتغير أثناء طيرانها بقوة
دفع كمية حركتها الذاتية. وعلى الرغم من أن الصاروخ انطلق
بسرعة كبيرة فإنه سيفقد سرعته تماما، كما يحدث بالنسبة لقطعة من
الحجر يقذفها الإنسان إلى أعلى. ويصل الصاروخ بعد خمسة أيام
إلى نقطة يقع فيها تحت تأثير مجال جاذبية القمر. وحالما يحدث ذلك
تبدأ سرعته فى الازدياد حتى تصل إلى ٢,٥ كيلو متر فى الثانية،
وهو على بعد عشرات الكيلو مترات عن سطح القمر.

وإذا كان لابد أن تتحول سفينة الفضاء إلى كوكب صناعى
تابع للقمر، حينما تكون على بعد عشرة كيلو مترات من سطحه،
فلا بد إذن أن ننخفض سرعتها إلى ١,٧ كيلو متر فى الثانية، وهى
السرعة الدائرية لهذا الارتفاع (صورة ٢، شكل ٩). وستقطع السفينة

دورتها حول القمر فى مدة ساعة وخمسون دقيقة. وسيكون أفقها المرئى ١٨٦ كيلو مترا. وهنا سيتمكن الإنسان من أن يرى بالعين المجردة الأشياء الموجودة على سطح الأرض، والتى يبلغ طولها نحو ثلاثة أمتار أو أكثر.

وسوف تستمر سفينة الفضاء فى دورانها حول القمر كما يشاء ركبها دون أن تستنفد قطرة واحدة من الوقود (صورة ٣، شكل ٩).

وإذا عزم ركاب السفينة على اتخاذ طريقهم نحو وطنهم، وبدأوا رحلتهم نحو الأرض، فليس عليهم إلا أن يديروا المحركات. إذ إن السفينة ستترك الفلك الدائرى، بعد أن تزداد سرعتها، بينما ستواصل خزانات الوقود المنزوعة سيرها فى طريقها القديم. (صورة ٤ شكل ٩). وستواصل الآلات الأوتوماتيكية الموجودة بها إرسال إشارات اللاسلكية باستمرار إلى الأرض، وتبين فيها النتائج المختلفة التى سجلتها لعمليات القياس.

وسوف تهبط سفينة الفضاء بنفس الطريقة التى سبق لنا وصفها (صورة ٥ شكل ٩)، كما أن سهم الفضاء الهابط سيستقر على الأرض بعد أن ينشر جناحيه بأكملهما (صورة ٦ شكل ٩).

وبعد الانتهاء من رحلات الطيران الاستطلاعية حول القمر، تبدأ رحلات بقصد الهبوط على القمر. ولكن هل من الميسور الهبوط على سطح القمر دون استخدام وقود؟ وهل يحيط بالقمر غلاف غازي؟

دلت عمليات الرصد أن الغلاف الغازي المحيط بالقمر دقيق جدا. وتفيد بعض المعلومات المبدئية أن كتلة الهواء التي تغطي كل سنتيمتر مربع من سطح القمر تقدر بـ 0.002 من الكتلة المقابلة لها على سطح الأرض. وتتساوى كثافة الغلاف الغازي المحيط بـ سطح القمر مع كثافة الغلاف الغازي المحيط بالأرض، والموجود على ارتفاع ٦٠ كيلو مترا. ولذلك فمن المستحيل، أيا كانت الاحتمالات، أن يستخدم الهواء المحيط بالقمر من أجل تهدئة سرعة سفينة الفضاء قبل هبوطها على القمر، ولهذا فلا بد من استخدام صاروخ ذي مراحل لتحقيق هذا الغرض.

وسيضطّر المسافرون عبر الفضاء إلى أن يمشوا في حجرات حبس الهواء بعد أن يصلوا فوق سطح القمر، وهو ما يصدق بالنسبة للكواكب التي لا يحيط بها غلاف غازي، أو سيضطرون إلى ارتداء معاطف الفضاء قبل أن يخرجوا من السفينة. وسيتمكن المسافرون،

على الرغم من هذه الملابس الثقيلة، من الحركة بسيطة. ويرجع ذلك إلى أن جاذبية الأرض تقدر بسدس جاذبية كوكبنا.

ولكى يتخلص المرء من مجال جاذبية القمر، فإنه يحتاج إلى ١ على ٢٠ من الطاقة اللازمة لتحقيق نفس الغرض على الأرض. وبالتالي فإن السرعة اللازمة للتخلص من القمر ستكون أقل بكثير من السرعة اللازمة للتخلص من الأرض.

وكى نكون أكثر دقة نقول: إن هذه السرعة ستكون أقل من ٢,٥ كيلو متر فى الثانية، بينما نجد أن الصواريخ الحديثة التى تسير بوقود سائل قادرة على السير بسرعة أكبر من هذه.

٢- رحلة إلى المريخ

السفر إلى المريخ من الموضوعات التي لها أهمية كبرى. ولقد ظل هذا الكوكب، طوال القرون الثلاثة الماضية، موضع اهتمام علماء الفلك وغيرهم من العلماء، لقربه من الأرض وتشابه ظروفه الطبيعية. ولم يعد خبراء الكواكب الآن ليقنعوا بدراسة سطح المريخ من على سطح الصور الفوتوغرافية، إذ إنه يبدو صغيرا حتى ولو استخدمنا أضخم التلسكوبات في النظر إليه.

ومن المحتمل أن تسبق رحلتنا إلى المريخ، التي ننوي الهبوط فيها على سطحه، رحلات استطلاعية حول الكوكب، كما هي الحال في رحلتنا إلى القمر. ومن ثم فإن سفن الفضاء ستتحول مؤقتا إلى كواكب صناعية تابعة للمريخ. والواقع أن عملية الهبوط والانطلاق ستكونان عمليتين شاقّتين للغاية في المراحل الأولى من سفرنا عبر الفضاء. وأهم هذه العقبات هي؛ أن الوقود اللازم للعودة من الرحلة لابد وأن يحمله المسافرون معهم من الأرض. ولا شك في أن البحث

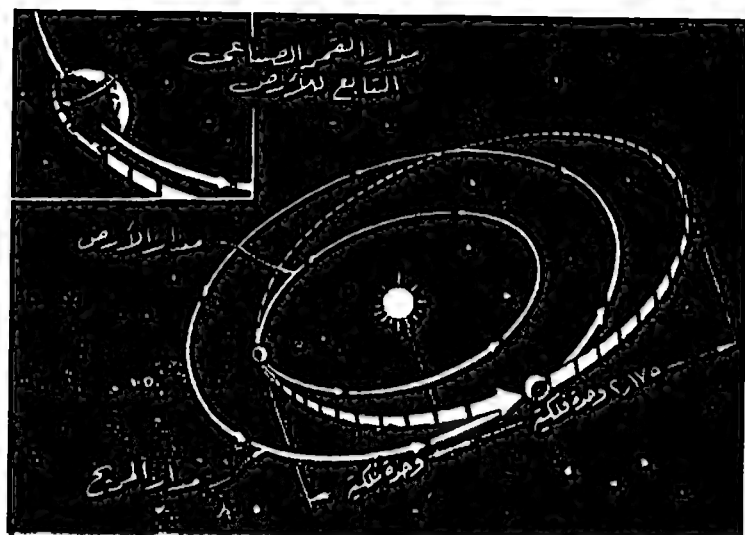
التفصيلي لسطح المريخ سيساعدنا على اختيار أفضل الأماكن التي
تصلح للهبوط، كما سيساعدنا هذا البحث في الحصول على معلومات
لا يتيسر لنا التثبت من صحتها ونحن هنا على الأرض. وهذه
المعلومات ضرورية جدا بالنسبة لنا قبل أن نبدأ رحلتنا لنغزو المريخ
ونرسو على أرضه.

وأول الأمور التي يجب أن تتوفر على بحثها هي؛ هل من
الممكن الاستفادة من بنية وتركيب الغلاف الغازي المحيط بالمريخ
لتهدئة سرعة سفينة الفضاء؟ ومثل هذا البحث سيساعدنا كذلك على
اكتشاف مسائل مهمة مثل: هل يستطيع الإنسان أن يحيا على ظهر
هذا الكوكب؟ وهل غلافه الغازي يهيئ لنا الوقاية الكافية لحمايتنا من
الإشعاعات الضارة، والشهب التي لا تحصى والتي تتساقط عليه من
الفضاء الخارجي؟ ولقد اكتشف العلماء أن الأشعة فوق البنفسجية
ستنفذ إلى سطح الكوكب، وتهدد حياة المسافرين عبر الفضاء.
وعرف العلماء ذلك لأن الغلاف الغازي المحيط بالمريخ خل ومن
غاز الأوزون الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية التي تسقط
من الشمس.

وهناك عدة مسارات مختلفة يمكن اتباعها للطيران حول المريخ. وتتوقف المدة التى تستغرقها الرحلة، والسرعة المبدئية التى تتطلق بها سفينة الفضاء، على نوع المسار الذى يقع عليه الاختيار.

ولنفترض أننا سنتبع مساراً يستلزم عامين لإتمام الرحلة (شكل ١٢). يجب أن ينطلق الصاروخ من محطة الفضاء فى منتصف الليل حسب التوقيت المحلى، حينما تكون مراكز كل من الأرض والشمس والمحطة على خط مستقيم. إذ إن هذه هى أفضل اللحظات المناسبة، لأن اتجاه حركة محطة الفضاء سيتفق مع اتجاه الصاروخ المنطلق. وسوف يستفيد الصاروخ فى انطلاقه من السرعة التى تسير بها محطة الفضاء، وينطلق الصاروخ حينئذ بأقل سرعة ممكنة وقدرها ٤,٣ كيلو مترات فى الثانية.

ولكن إذا كانت الرحلة ستبدأ مباشرة من فوق سطح الأرض، فإن السرعة اللازمة حينئذ هى ١٢,٣ كيلو متر فى الثانية.



(شكل ١٢) الطيرين حول المريخ لمدة علمين. فوق: صاروخ
ينطلق من فوق القمر الصناعي التابع للأرض.

وإذا كان الصاروخ المنطلق يزن عشرة أطنان، وسرعة العادم أربعة كيلو مترات في الثانية، فإنه لابد وأن يحمل ١٩,٦ طن من الوقود. وذلك إذا كان سيبدأ رحلته من فوق محطة الفضاء. أما إذا كان سيبدأ رحلته من فوق سطح الأرض فإنه سيحتاج إلى ٢١٦ طناً من الوقود.

وتتغير سرعة الصاروخ باستمرار طوال فترة طيرانه عبر الفضاء. إذ سيبدأ رحلته وينطلق بأقصى سرعة ممكنة له. ثم تأخذ هذه السرعة في النقصان بالتدريج مع ابتعاد الصاروخ عن مدار الكرة الأرضية.

وبعد أن يقترب الصاروخ من المريخ يحاول أن يرتد عنه إلى مسافة معينة وينطلق في الفضاء الخارجى.

ونظراً لأن المريخ يدور حول محوره، فإن المسافرين سيتمكنون من التقاط صور لسطحه أثناء طيرانهم حوله.

وتصل سفينة الفضاء أقصى نقطة في مسارها بعد عام واحد من طيرانها، وبذلك تكون قد قطعت مسافة ٢,١٧٥ سنة ضوئية بعيداً عن الأرض، وهنا تبلغ سرعتها أقل مدى لها.

وبعد أن تتجاوز سفينة الفضاء هذه النقطة تعود مرة أخرى إلى الاقتراب من فلك المريخ بسرعة متزايدة. لكنها لن تلتقى بالكوكب في هذه المرة. وحينئذ يغلق المسار الطيران، وهو على شكل قطع ناقص، وتبدأ سفينة الفضاء بعد ذلك تعود أراجها إلى الأرض بنفس السرعة التي انطلقت بها.

وهناك وسيلة أخرى للقيام بدراسة المريخ عن قرب، وتستمر هذه الدراسة فترة طويلة من الزمن. وذلك بأن نطلق صاروخاً قوياً ليرسو فوق سطح فوبوس، وديموس، وهما قمران تابعان للمريخ. ويتم ديموس دورته حول المريخ في فترة نقل قليلا عن ٣٠ ساعة، ويبعد عنه بمسافة ٢٣,٠٠٠ كيلو متر أى ١/١٧ من المسافة التى تفصل بين الأرض والقمر. ويبعد فوبوس بمسافة ٩,٠٠٠ كيلو متر عن سطح المريخ، وتستغرق دورته الكاملة حول الكوكب فترة أقل من ثمانى ساعات. ويلاحظ أن حجم وكتلة هذه الأجرام السماوية صغيرة جدا، كما أن قوة جذب جاذبيتها لا يؤبه لها. ولذلك سيكون أيسر علينا أن نزود هذين القمرين عن أن نزود كوكبهما التابعين له.

وفيدنا علم الطبيعيات الفلكية الحديث بمعلومات توحى إلينا بأن الظروف الطبيعية المحيطة بالقمر مشابهة إلى حد كبير بتلك التى تحيط بالمريخ عن أى كوكب آخر. ولقد قام مجموعة من علماء الفلك السوفيت وعلى رأسهم ج.تجوف، بأبحاث طويلة فى هذا الصدد. وانتهى هؤلاء العلماء من بحثهم إلى الاعتقاد بوجود نباتات على ظهر المريخ. ويعتقد العلماء أن الغلاف الغازى المحيط بالمريخ يحتوى على غاز الأكسجين، وخلوا من الغازات التى تؤدى حياة

الإنسان. هذا على الرغم من أن الغلاف الغازى رقيق جدًا، حتى ولو كان فوق سطح الكوكب مباشرة. ومن ثم سيضطر المسافرون عبر الفضاء أن يحبوا داخل حجرات حبس الهواء حيث يتيسر تنظيم الضغط وحرارة الجو بداخلها، كما سيضطرون إلى ارتداء معاطف الفضاء قبل أن يتركوا الصاروخ. ومن المحتمل وجود ماء فوق سطح المريخ. ويعتبر مناخ المريخ مناخًا قاريًا أكثر مما هي الحال على الأرض. والسبب فى ذلك أن شدة الإشعاعات الشمسية فوق سطح المريخ تبلغ نصف شدة الإشعاعات الساقطة على الأرض.

ما أفضل المسارات من الناحية الاقتصادية والتي يجدر بنا اتباعها فى غزو المريخ بحيث يتيسر لنا الهبوط فوق سطحه؟

إن أقصر خط بين نقطتين فى الفضاء هو الخط المستقيم. وأيا كان الأمر فإن سفينة الفضاء لن تتمكن من الطيران كما يطير الغراب. إذ إن جاذبية الشمس ستجبر الصاروخ على أن يحيد عن طريقه فى الفضاء تمامًا، كما تؤثر جاذبية الأرض على مسار حجر قذف فى الفضاء إلى أعلى فيسير بزاوية معينة. حقًا إن سفينة الفضاء يمكنها أن تسير فى مسار مستقيم وذلك إذا ما دارت محركاتها باستمرار. إلا أن ذلك معناه زيادة فى استنفاد الوقود بكمية هائلة.

والوسيلة الوحيدة التي يمكن بها لسفينة الفضاء أن تتخلص من عملية الانحراف عن مسارها، بتأثير جاذبية الشمس، وتسير في مسار مستقيم هي أن تطير في خط رأسي مواز لأشعة الشمس. لكن هذا النوع من الطيران يستلزم كميات هائلة من الوقود، لأن سفينة الفضاء ستضطر إلى أن تخدم هذه السرعة الهائلة التي كانت تدور بها هي والأرض حول الشمس. وتقدر هذه السرعة بنحو ٣٠ كيلو مترًا في الثانية. وهذه السرعة ستحرف سفينة الفضاء عن طريقها بنفس الطريقة التي يحرف بها التيار قاربًا وضع في النهر ليعبره إلى الشط الآخر ويسير في زاوية قائمة.

ولنفترض، مع هذا كله، أننا بدأنا رحلة إلى المريخ متبعين أقصر الطريق وأكثرها استقامة. إذا حدث ذلك فإن الرحلة تتم خلال ٨٥ يومًا. ولكن لابد، لبلوغ هذا الهدف، من السير بسرعة لا تقل عن ٣٩ كيلو مترًا في الثانية. ومن الواضح أن مثل هذا الطريق يكلفنا تكاليف باهظة.

وعلى العكس من ذلك، فلو بدأت سفينة الفضاء تحلق في مسار شبه القطع الناقص، فإنها ستضطر إلى أن تتطلق من الأرض

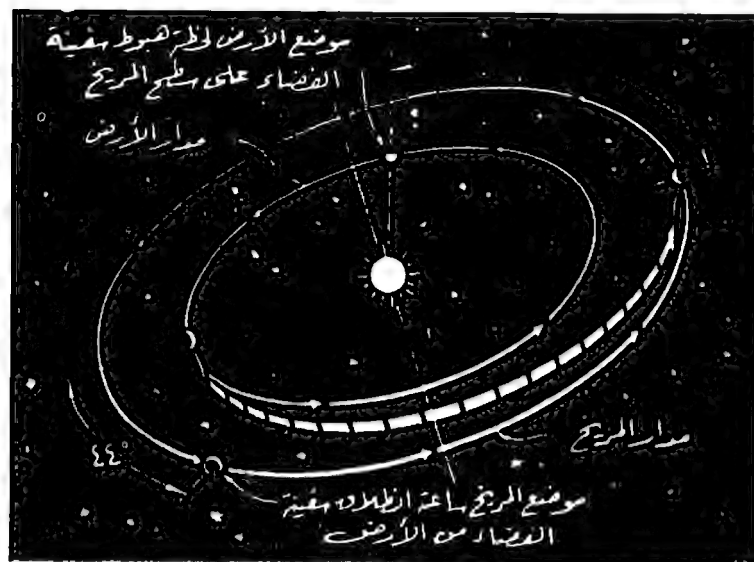
بأقل سرعة ممكنة لها. وسوف تسير السفينة بأقل سرعة لها كذلك حينما تبدأ فى عملية الهبوط فوق المريخ (شكل ١٣).

وسبق أن أشرنا إلى أن سفينة الفضاء يستحيل عليها أن تتطلق من فوق سطح الأرض فى أى لحظة من اللحظات، إن لم تتبع فى سيرها خطا مستقيما. إذا لابد وأن يكون المريخ فى وضع معين بالنسبة للأرض إذا كان لابد للصاروخ من أن يلتقى به حينما يبلغ مداره. ويلاحظ أن المريخ لا يتخذ هذا الوضع المحدد إلا مرة واحدة كل ٧٨٠ يوما فى المتوسط.

وتستغرق الرحلة إلى المريخ مدة ٢٥٩ يوما. ذلك إذا كان مسارها شبه قطع ناقص. وسيضطر المسافرون عبر الفضاء إلى الانتظار مدة ٤٥٤ يوما قبل أن يعودوا أدراجهم متخذين نفس المسار، حتى يعود الكوكبان إلى وضعهما الصحيح بالنسبة لبعضهما.

وإذا اتبعت سفينة الفضاء مثل هذا المسار فى رحلتها إلى المريخ، فلا بد لها وأن تتطلق بسرعة ١١,٦ كيلو متر فى الثانية. ولكن من المشكوك فيه أن يرضى إنسان، من الموعودين بالسفر عبر الفضاء بالقيام بهذه الرحلة التى يقطع فيها مثل هذا الطريق الطويل. ويمكن للمسافرين أن يختصروا زمن العبور، وذلك إذا زادت سرعة

الانطلاق، وسافروا فى مسار على شكل القطع المتكافئ. وتستغرق رحلتهم فى هذه الحالة ٧٠ يومًا. وذلك على افتراض أن سفينة الفضاء بدأت رحلتها وكانت سرعتها المبدئية لانطلاقها هى ١٦,٧ كيلو متر فى الثانية. وبالتالي فإذا زادت السرعة المبدئية للانطلاق إلى ١,٤ مرة ستخفض المدة التى تستغرقها رحلتهم بواقع ٣,٧ . وتلك هى إحدى القسمات المميزة للملاحة عبر الفضاء.



(شكل ١٣) للظيران إلى المريخ فى مسار على شكل شبه للقطع الناقص

كان الاعتقاد الشائع فى نهاية القرن الماضى أن المريخ تسكنه حيوانات راقية. وكتب الكثيرون روايات وقصصًا تناولت هذا الموضوع. ولكن لم يحاول مؤلفو هذه الروايات أن يكلفوا أبطالها عناء التفكير فى توقيت طيرانهم أو تحديد المسار الذى يجب عليهم أن يتبعوه. ومع هذا فلو فكروا فى هذا الموضوع فإنه سيزداد صعوبة وتعقيدًا. إن رحلة بين كوكبين يمكن أن تتم فقط عبر عدد من الطرق "المعقولة"، ولابد وأن يوضع موضع الاعتبار، مواضع الكواكب بالنسبة إلى بعضها. ومن ثم فلابد وأن تحدد بدقة مواعيد انطلاق سفن الفضاء ومواعيد وصولها إلى أهدافها.

ولو قدر لنا أن نرسم جدولًا يبين مواعيد الطيران إلى المريخ أو الزهرة، فإننا سنجد فيه كثيرًا من الخانات البيضاء، أو "الفصول العاطلة". وتتراوح مدة هذه الفصول من بضعة أشهر إلى العام ونصف العام، أو ما يقارب ذلك. ولن تتمكن سفينة الفضاء فى هذه الفترة من الانطلاق من فوق سطح الأرض أو الهبوط فوق هدفها، نظرًا لأن الكواكب لم تتخذ الوضع الملائم للقيام بالرحلة.

٣- رحلة إلى الزهرة

لو نظرت إلى الأفق المعتم بعد الغروب مباشرة فإنك ترى نجما شديدا اللعان. هذا هو كوكب الزهرة. وقد تبدو الزهرة للعيان قبل الفجر بفترة قصيرة، بل قد ترى في وضوح النهار. ويرجع شدة لمعان الزهرة إلى قربها من الشمس وقدرتها على عكس الضوء.

وتعتبر الزهرة أقرب جيران الأرض. وهى أكثر كواكب المجموعة الشمسية شبها بالأرض، وتقل أبعادها وكتلتها عن أبعاد وكتلة كوكبنا بنسبة ضئيلة. ومن ثم فإن مكتشفى الفضاء فى المستقبل لن يندهشوا لوزنهم حينما يستقرون على سطحها.

وفى عام ١٧٦١، اكتشف العالم ميخائيل لومندسوف، بواسطة أحد التلسكوبات، حافة مضيئة حول الزهرة حينما تقترب من قرص الشمس. وأرجع هذه الظاهرة إلى وجود غلاف غازى حول الزهرة. وأثبتت بعض عمليات الرصد التالية لذلك، أن الهالة المضيئة هى بالفعل الغلاف الغازى المحيط بالكوكب، وأنها مضاءة بواسطة

الشمس. وقد تم رصد هذه الظاهرة عام ١١٨٢، وهو ما لم يتمكن الإنسان من رصده مرة أخرى سوى عام ٢٠٠٤. ولكن ستختلف الحال بالنسبة للعلماء الذين يستقلون سفينة الفضاء، إذ إنهم سيتمكنون من رؤية هذه الظاهرة عدة مرات في العام الواحد.

وكانت هناك فكرة شائعة، وظلت سائدة مدة طويلة دون أن يزع، يرى أصحابها أن السحب المحيطة بالزهرة إنما تكونت بفعل بخار ماء، وأن هذه السحب تعكس أشعة الشمس بكمية كبيرة؛ ولكن أثبتت الأبحاث التي أجريت بعد ذلك أن طبقات الجو العليا لا تحتوى على بخار ماء ولا أكسجين، ولكنها تحتوى بدلا من ذلك على حامض كربونيك بنسبة كبيرة، ولذلك فمن المحتمل أن يكون الهواء الذى يغطى سطح الكوكب مباشرة غير صالح للتنفس، ولهذا فلا بد وأن يحمل المسافرون معهم خزانات للأكسجين.

ويسود الاعتقاد بين بعض علماء الفلك بأن بنية الغلاف الغازى المحيط بالزهرة مشابهة للغلاف الغازى المحيط بالأرض. ولكن هناك علماء آخرين يعتقدون بأن غلاف الزهرة إلى ارتفاع الزهرة يمتد إلى ارتفاع شاهق أكثر من مثيله على الأرض. وقد كشفت بعض عمليات الرصد التى تمت وقت الشفق لكوكب الزهرة،

أن الضغط الجوى فوق سطح الزهرة يزيد على الضغط الجوى فوق سطح الأرض بما يعادل مرتين أو ثلاث مرات.

وهذا من شأنه أن يساعد على تهدئة سرعة سفينة الفضاء حينما تدخل هذا النطاق بقصد الهبوط على سطح الزهرة.

لم يتنبأ العلماء بعد بصورة نهائية من المدة التى يستغرقها كوكب الزهرة فى الدورة الواحدة حول محوره (الزمن الذى يقضيه فى دوره كاملة حول نفسه). ويعتقد بعض المشتغلين بعلم الفلك أنها ٦٨ ساعة، بينما يرى البعض الآخر أنها مساوية للفترة التى تستغرقها الأرض فى دورتها حول محورها، ويرى فريق ثالث أنها هى نفس المدة التى تقضيها الزهرة فى دورتها حول الشمس، أى ٢٢٥ يوما. ولم يستطع العلماء بعد تحديد الزاوية بين خط الاستواء لكوكب الزهرة وبين فلكه. وهذه الزاوية هى التى تحدد المدة التى يستغرقها الليل والنهار طول العام. ولا يحتمل أن نبتدى إلى الإجابة عن هذه المسائل حتى يحلق المسافرون عبر الفضاء حول الزهرة.

ولا يمكننا بهذه المعلومات التى بين أيدينا أن نقدر الارتفاع والاتجاه اللذين يجب أن تسير فيهما سفن الفضاء "لكى تغوص داخل الغلاف الغازى المحيط بالزهرة، وتضمن لنفسها هبوطاً مأموناً

العواقب. وكلما قلت سرعة سفينة الفضاء بالنسبة للغلاف الغازى المحيط بالكوكب كلما كان ذلك مدعاة للسهولة، والأمن فى الهبوط. وتعتمد سرعة الصاروخ إلى حد كبير على توافق اتجاه طيرانه مع دورة الكوكب حول نفسه.

إن عمليات الاستطلاع الأولية ستساعدنا على القيام بدراسة شاملة لبنية القشرة السطحية للزهرة، ومعرفة إذا كانت هناك نباتات وحيوانات أم لا. إلا أن ستار السحب، المحيطة بالكوكب، سيحول دون رصد سطحه مباشرة. ولكن، ورغم هذا الستار من السحب، هناك طرق حديثة للتصوير تستخدم فيها الأشعة تحت الحمراء. وهذه الطرق تيسر لنا تصوير سطح الزهرة من داخل سفينة الفضاء.

لنتخيل أننا فى طريقنا إلى الزهرة داخل سفينة الفضاء. (شكل ١٤) تتطلق السفينة بنا أولاً من فوق الأرض بسرعة مقدارها ١١,٥ كيلو متر فى الثانية. ويوقف الملاح المحركات بعد ذلك، وحينئذ يشق الصاروخ عباب الفضاء مثل الحجر بعد قذفه بمقلاع. ولن يشعر الركاب بعد ذلك بأى ثقل وسيكون بمستطاعتهم أن يروا كوكبنا من خلال النوافذ، على مسافة قصيرة وكأنه كرة لونها ضارب للزرقة والاخضرار، وتدور على مهل فى فضاء أسود فاحم. ويمكن رؤية

حواف القارات التى تضيئها الشمس بوضوح من خلال فجوات السحب. وبعد أن تخرج السفينة من نطاق الجاذبية الأرضية تخلف الأرض وراءها بمسافات تتباعد باستمرار.

لقد مضت علينا الآن بضعة شهور، وأصبحت الأرض أمامنا على هيئة كرة صغيرة لامعة ضاربة إلى الزرقة. وها هو عالم آخر جديد لا نعرف عنه شيئاً، يقترب منا سريعاً، ويتلألأ لونه الذى يجمع بين الزرقة والبياض. إنه الزهرة. وها هو ذا الكوكب يكبر حجمه ويخفى عن نظرننا نجومًا كثيرة يزداد عددها مع مرور الوقت. والآن لابد من تهدئة سرعة الفضاء حتى نحول دون اصطدامها بسطح الزهرة كما يصطدم شهاب جبار. ولو قدر هذا الحادث أن يقع فإن طاقة الحركة ستتحول كلها إلى طاقة حرارية على شكل انفجار شديد يتبخر من جرائه كل محتويات السفينة، ولن يخلف وراءه أى أثر لها سوى فوهة ضخمة.

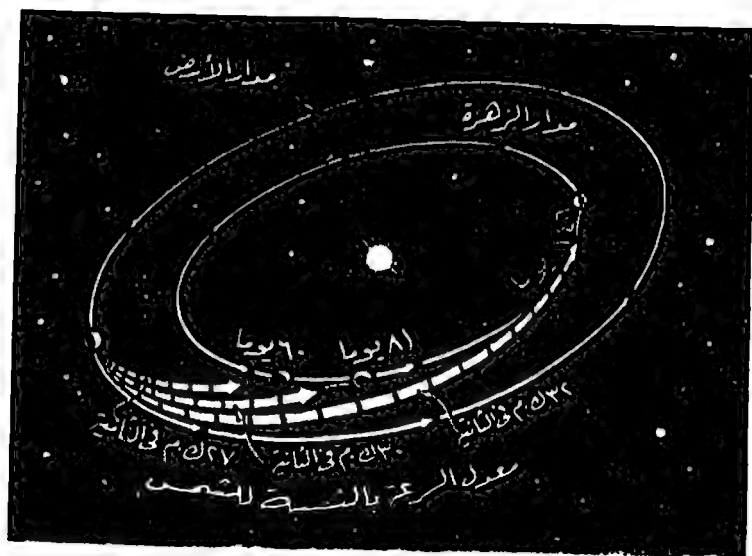
لقد بذل الملاح كل ما فى وسعه كي يتجنب الاصطدام بسطح الكوكب. وها هو ذا يدخل نطاق الغلاف الغازى المحيط بالزهرة ويسير موازياً تقريباً لسطحها، ويهدئ من سرعة الصاروخ، وذلك بالاستعانة بمقاومة الهواء. والآن يطلق الصواريخ المعطلة، الموجودة

فى مقدمة السفينة، ويوقف سفينة الفضاء بالفعل. وبعد لحظات قليلة
تتمكن السفينة من أن ترسو على الأرض فى أمن وسلام.

وها هم العلماء يمضون أوقاتهم فى عمليات الرصد وإجراء
التجارب، وجمع عينات أثارت اهتمامهم، ويقومون ببعض الأبحاث
الأخرى. وأخيرا حان موعد الرحيل، وتطلق سفينة الفضاء فى
سرعة مقدارها ١٠,٧ كيلو متر فى الثانية، وتطير فى مسار شبه
القطع الناقص فى منطقة تماس مدارى الزهرة والأرض. وستدخل
السفينة الغلاف الغازى المحيط بالأرض فى سرعة مقدارها ١١,٥
كيلو متر فى الثانية. ولكى يخمد الملاح سرعة السفينة، قبل أن تستقر
على الأرض، فإنه سينزلق بها أولا فى طبقات الجو العليا للأرض،
ثم ينتقل إلى الطبقات السفلى التى تزداد كثافتها بالتدريج.

تستغرق مثل هذه الرحلة ١٤٦ يوما. ويمكن مع ذلك اختصار
زمن العبور من ٨١ إلى ٦٠ يوما، إن لم يكن إلى ما هو أقل من
ذلك. (انظر شكل ١٤).

ولكى نتمكن من بلوغ هذا الهدف "اختصار زمن العبور" رغم
الظروف المحيطة بالسفر عبر السماء، لابد لنا وأن نزيد السرعة، كما
يحدث تماما بالنسبة لقطعة الحجر. فكلمت زادت السرعة التى تتطلق بها



(شكل ١٤) الطيران إلى الزهرة في مسارات على شكل شبه القطع الناقص

قطعة الحجر عبر الهواء، كلما كانت أسرع فى إصابة الهدف. وبالنسبة للحالة التى سبق لنا وصفها، فكلما زادت السرعة المبدئية التى تنطلق بها سفينة الفضاء بالنسبة للأرض، كلما قلت سرعتها بالنسبة للشمس. وذلك لأنها ستنتقل فى اتجاه مضاد لحركة الأرض. ويوضح المثال التالى ما ذهبنا إليه. كلما زادت السرعة التى يسير بها إنسان داخل قطار، فى اتجاه مضاد لسير القطار، كلما كانت سرعته أبطأ بالنسبة للأرض.

وإذا سُئِلَ أن تعرف لماذا تنقص المدة التي تقضيها السفينة في الطيران، على الرغم من انخفاض سرعة حركة الصاروخ في الفضاء، فليس عليك إلا أن تلق نظرة إلى الشكل ١٤. إذ إن هذا الشكل يعطيك مفتاح المشكلة، فالشكل يوضح لك ثلاث سرعات. ولنفترض أن الصاروخ تحرك بأقل السرعات الثلاث، فإنه يتمكن من أن يعبر أقل المسافات التي تساعد على اختصار زمن السفر.

٤- السفر إلى الكواكب الأخرى

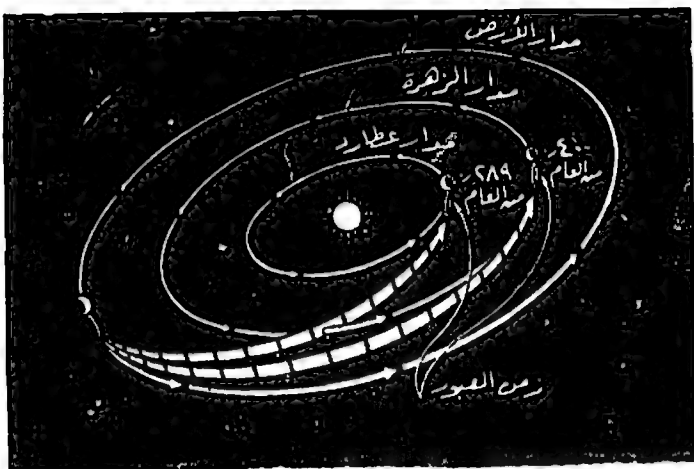
لقد وصفنا حتى الآن ظروف السفر إلى أقرب جيران الأرض وهم القمر، والمريخ، والزهرة. أما عن السفر إلى الكواكب الأخرى من المجموعة الشمسية فإنه سيكون أكثر صعوبة.

رأينا أن السرعة المبدئية للانطلاق من الأرض إلى الكواكب الأخرى تتوقف على الطريق الذى نتخذه فى سفرنا، ورأينا كذلك أن المسار شبه القطع الناقص هو أفضل المسارات من الناحية الاقتصادية. إذن ما هو الحد الأدنى للسرعة المطلوبة كي نصل إلى الكواكب الأخرى من المجموعة الشمسية. وكم تستغرق منا هذه الرحلة؟ الإجابة عن هذه الأسئلة مبينة بالجدول الآتى:

زمن العبور فى اتجاه واحد		الحد الأدنى للسرعة مقدرا بالكيلو متر فى الثانية	اسم الكوكب الذى تقصده سفينة الفضاء
سنة	يوم		
-	١,٥	١٣,٥	عطارد
-	١٤٦	١١,٥	الزهرة

المريخ	١١,٦	٢٥٩	-
المشتري	١٤,٢	٢٦٧	٢
زحل	١٥,٢	١٨	٦
أورانوس	١٥,٩	١٤	١٦
نبتون	١٦,٢	٢٢٥	٣٠
بلوتو	١٦,٣	١٤٩	٤٥

يبين لنا هذا الجدول أن السفر إلى عطارد في طريق شبه القطع الناقص، يستغرق وقتاً أقل من السفر إلى الزهرة، على الرغم من أن الزهرة تقترب من الأرض. وقد يبدو من أول وهلة أن تفسير هذه الظاهرة من الأمور المعضلة. لكن هذا التفسير موجود في الشكل ١٥، يبين لنا هذا الشكل أن الطريق بين الأرض وعطارد أقصر من الطريق بين الأرض والزهرة.



(شكل ١٥) السفر إلى الزهرة في طريق على شكل قطع ناقص
يستغرق وقتاً أطول من السفر إلى عطارد، وهو أبعد كواكب
المجموعة الشمسية.

وتفصل بين الأرض والمشتري مسافة أطول عدة مرات من
المسافة التي تفصل بين الأرض والمريخ ويوجد بين المريخ
والمشتري حزام من الكويكبات الصغيرة التي لا تحصى والتي تمثل
خطراً على سفينة الفضاء. وتصل إلى هذا الكوكب كمية قليلة جداً
من أشعة الشمس. وزيادة على ذلك فإن السرعة التي تسير في خط
على شكل القطع المتكافئ تزيد بما هو أكثر من خمس مرات، عن

مثيلتها على الأرض. كما أن قوة الجاذبية تعادل جاذبية الأرض ثلاث مرات، وهذا كله يمثل عقبة كبرى أمام المسافرين عبر الفضاء، مما قد يجعل أمر البقاء على ظهر الكوكب مستحيلا استحالة مطلقة. وثمة عقبات أخرى مثل وجود بعض الغازات السامة وبرودة الجو. ومع هذا كله فمن الممكن بحث المشتري من داخل سفينة فضاء تدور حوله بوصفه قمرا صناعيا.

ونرى من الضروري، قبل أن نرحل إلى عطارد، أن نصرح بحقيقة واقعة وهي أن الفترة التي يستغرقها عطارد في دورته حول محوره دورة كاملة هي؛ (٨٨ يوما). ويترتب على ذلك أن أحد نصفي الكوكب هو الذي يتعرض لأشعة الشمس بينما يسود النصف الآخر ظلام دائم. ومن ثم فإن درجة حرارة هذا النصف منخفضة جدا. ويفصل بين النصفين حزام ضيق وضاء، معتدل المناخ. ويجب ألا ننسى، مع ذلك كله، أننا لا يمكن أن نتكلم عن مناخ عطارد إلا بأسلوب الأرقام طالما أن هذا الكوكب، كما يبدو لنا، لا يحيط به غلاف غازي.

وتبلغ قوة أشعة الشمس فوق عطارد ما يعادل قوتها فوق الأرض بسبع مرات في المتوسط. وتقدر درجة حرارة سطح النصف

المعرض للشمس بما يبلغ ٤٠٠ درجة سنتيجراد. ومن ثم فلا بد وأن يوضع تصميم خاص لهيكل سفينة الفضاء التي تسافر إلى هذا الكوكب، بحيث تعكس أغلب أشعة الشمس الساقطة عليه.

ويستحيل أن يتحقق الهبوط فوق سطح عطارد إلا باستخدام صواريخ ذات فرامل. وصناعة هذا النوع من الصواريخ تمثل عبءة كبيرة في سبيل تحقيق ذلك الهدف الآن.

أما عن السفر إلى زحل وأورانوس، ونبتون، وبلوتو، فإن الرحلة اليهم تستغرق وقتاً أطول بكثير في الطرق التي تستلزم الحد الأدنى من السرعة المبدئية. ولذلك فلا بد من بناء صواريخ سريعة (إكسبريس) ذات قوة تحمّل هائلة كي تصل إلى هذه الكواكب. فمثلاً لو زادت سرعة قذف الصاروخ المتجه إلى بلوتو بمقدار ٥% من السرعة الكلية، ومقدارها ١٦,٧ كيلو متر في الثانية، فإن مدة الرحلة تنقص إلى ما هو أقل من نصف المدة العادية.

وعلى الرغم من أن قوة الجاذبية فوق سطح هذا الكوكب، تعادل مثيلتها على الأرض تقريباً، فإن ظروفها الطبيعية غير ملائمة لحياة الإنسان. وقد ثبت أن غلافها الغازي يحتوي أساساً على غاز الميثين، كما أن درجات حرارتها منخفضة جداً.

وماذا عن الرحلات إلى أقرب النجوم إلينا؟

إننا لو دققنا النظر في صفحة السماء بالعين المجردة، فلن نتمكن من إدراك الفارق بين الكواكب والنجوم. ولكن على الرغم من أن كلا الاثنين يبدوان وكأنهما على بعد واحد من الأرض، فإن المسافة التى تفصل بين الكواكب والنجوم هائلة جدا فى الواقع. وتصل أشعة الضوء من بلوتو، وهو أبعد كواكب المجموعة الشمسية، إلى الأرض فى أقل من سبع ساعات (سرعة الضوء ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية). بينما نجد أن الضوء يقطع المسافة بين أقرب النجوم، التى يمكن رؤيتها على الأرض، حتى يصل إلينا فى أكثر من أربع سنوات، ومن ثم فإن مسألة السفر إلى النجوم متروكة للمستقبل البعيد.

خاتمة

حاولنا في هذا الكتيب أن نقدم للقارئ لمحة عن مستقبل علم السفر عبر الفضاء.

ولكى نحقق السفر عبر الفضاء، فلا بد وأن نصل إلى سرعة تزيد عدة مرات على السرعة الممكنة الآن. ومن ثم فلكي نصل إلى القمر والكواكب الأخرى في المجموعة الشمسية، لابد وأن تتراوح سرعة الصاروخ ما بين ١١,١ و ١٦,٣ كيلو متر في الثانية.

ولا شك في أن بناء محطة في الفضاء ييسر عملية السفر عبر الفضاء إلى حد كبير. وذلك لأن هذه المحطة تهيئ الفرصة للسفينة كي تبلغ سرعتها اللازمة على مرحلتين. إذ تتطلق السفينة من على الأرض في سرعة دائرية مقدارها ٧,٩ كيلو مترات في الثانية، وتتطلق من فوق المحطة بسرعة إضافية تزيد على السرعة الأولى من ٣-٤ كيلو مترات في الثانية.

ولابد من إدخال التحسينات على الخصائص الفنية التي يتميز بها الصاروخ، حتى يقوى على بلوغ السرعة الكونية. وأول هذه التحسينات هي زيادة سرعة العادم. وتخرج الغازات من الصواريخ الحديثة، التي تسير بالوقود السائل، بسرعة مقدارها ٢,٥ كيلو متر في الثانية. وثمة اعتقاد بإمكانية زيادة هذه السرعة إلى أربعة كيلو مترات في الثانية. وهناك خاصية أخرى مهمة هي النقل النسبي للوقود الذي يحمله الصاروخ.

يبلغ ثقل الوقود الذي يحمله الصاروخ الحديث، الذي يسير بالوقود السائل، قرابة خمسة أمثال وزن الصاروخ. ويأمل العلماء، مع هذا كله، أن تتضاعف هذه النسبة في المستقبل باستخدام مواد جديدة وإدخال تحسينات على التصميم الموضوع للصاروخ.

وتتجه صناعة الصواريخ الآن إلى زيادة قوة المحرك وعدد مراحل الصاروخ.

ونظراً لأن قوة جذب الجاذبية الأرضية تقل سريعاً مع زيادة البعد عن الأرض، فإن زيادة طفيفة في السرعة المبدئية التي ينطلق بها الصاروخ كفيلة بأن تدفع الصاروخ إلى مسافة أبعد بكثير من

مدى ارتفاعه المحدد أولاً. ومن ثم فإن كل ارتفاع جديد يسجله الصاروخ، إنما هو مكسب ضخم وتقدم كبير على سابقه.

إن الصواريخ ذات الوقود الحرارى الكيميائى قد تكون أول الصواريخ التى تغامر باختراق الفضاء. ولكن ليس ثمة شك فى أنها ستتبع بسفن فضاء تسير بالذرة.

وهذه السفن ستكون أفضل بكثير من تلك فالطاقة الذرية تهيئ لعلم السفر عبر الفضاء إمكانات جبارة.

إذ أن الصاروخ الذرى ييسر لنا السفر إلى القمر والكواكب الأخرى من غير حاجة إلى التوقف فى محطة الفضاء من أجل التزود بالوقود. وإذا استخدمنا صواريخ ذات فرامل، فإن سفينة الفضاء الذرية ستتمكن من الهبوط على سطح الكواكب أو توابعها التى لا يحيط بها غلاف غازى. كما أن هذه السفن ستتمكن من العودة إلى الأرض من أى كوكب من كواكب المجموعة الشمسية. وأخيرا وليس آخرا، فإنها ستتمكن من الإنطلاق دون حاجة إلى انتظار الفرصة المناسبة حتى تأخذ الكواكب الوضع الملائم.

وبعد أن تحصل سفينة الفضاء على السرعة اللازمة، فإنها تطير بقوة دفع كمية حركتها الذاتية، وتوفر الوقود. ولن تتبع السفينة،

لنفس السبب، خطا مستقيما فى سفرها عبر الفضاء، فمسارها سيكون على شكل قطع ناقص، وأخيرا سيكون على شكل قطع متكافئ أو قطع زائد.

وسوف تطلق صواريخ موجهة باللاسلكى ولا تحمل ركابا. وذلك بقصد استكشاف الفضاء قبل أن يتهيأ الإنسان لاقتفاء أثرها. كما أن هذه الصواريخ ستجمع لنا المعلومات اللازمة لبناء سفينة الفضاء، وتختبر ظروف السفر عبر الفضاء، وأثرها على الحيوانات. وأول مرحلة من مراحل السفر بين الكواكب هى؛ بناء قمر صناعى يدور حول الأرض، وتتبع هذه المرحلة رحلة إلى القمر والكواكب الأخرى.

ولن تستغرق فترة ساعة التحليق حول الأرض، فى دورة واحدة، أكثر من ساعة ونصف ساعة. أما مدة الطيران إلى القمر والعودة إلى الأرض فإنها تستغرق عشرة أيام. وإذا اتجهت الرحلة فى مسار قطع ناقص وعبرت مدارى الزهرة والمريخ، فإنها تستغرق مدة لا تقل عن سنة، وذلك بما فيها العودة. أما الأسفار إلى العوالم البعيدة، فإنها تستغرق عدة سنوات.

ونتوقع أن تقدم لنا هندسة الراديو الحديثة تسهيلات تساعد على الاتصال بالسفن، وذلك بواسطة أمواج لاسلكية موجهة. وسيكون من السهل تحديد أماكن الصواريخ الطائرة عبر الفضاء فى أى وقت من الأوقات، وذلك لأن الصواريخ تخضع لنفس القوانين التى تخضع لها الأجرام السماوية.

وبوسعنا أن نقرر، على قدر معلوماتنا، أن ليس ثمة عقبة، من وجهة نظر علم وظائف الأعضاء، تحول دون السفر بين الكواكب. وأيا كانت الاحتمالات المتوقعة، فإن الإنسان يقوى على تحمل ضغط يعادل وزن جسمه من أربع إلى خمس مرات أثناء الدقائق القليلة التى ستواصل فيها المحركات دوراتها. ومعنى هذا أن سفينة الفضاء ستتمكن من أن تكتسب سرعة تعادل السرعة الكونية، فى الوقت الذى تدور فيه محركات صواريخها، مع أقل النكالييف.

ولم يثبت بالتحديد حتى الآن، أن انعدام الثقل لن يترتب عليه أى أذى للجهاز العضوى الإنسانى، إذا ما استمر على هذه الحالة مدة طويلة إلى حد ما على أية حال فمن الممكن أن نقوم بإجراء مضاد، حالة انعدام الثقل، إذا ما ثبت أن لها آثارها الضارة، إذ من الممكن

من الناحية الفنية العملية أن ننشئ جاذبية صناعية، وذلك بأن نجعل السفينة تدور حول نفسها.

ويمكن تنظيم حرارة الجو داخل سفينة الفضاء عن طريق الألواح التي تغطي السفينة. إذ إن هذه الألواح ستمتص الطاقة الشمسية حسب الشدة المقدرة لها.

وليست هناك صعوبة خاصة، في مرحلة التقدم الفني الحالية، تحول دون خلق غلاف غازي صغير داخل سفينة الفضاء. ويتميز هذا الغلاف بتركيب ورطوبة ثلاثمان الإنسان. ويمكن كذلك أن نمد المسافرين عبر الفضاء بالطعام، ونحميهم من الأشعة فوق البنفسجية الساقطة من الشمس. ولقد تمت دراسة آثار الأشعة الكونية على جسم الإنسان. ولن ننسى حقيقة مهمة، وهي أن الشهب والكويكبات مصدر خطر كبير على سفن الفضاء.

وتوحي لنا أحدث المكاسب العلمية بأن السفر بين الكواكب ممكن تحقيقه في القرن الحالي. وهكذا تحول الحلم العظيم الذي ظل يداعب الإنسان، حتى عهد ليس ببعيد، إلى حقيقة بعد أن كان في عداد الرؤى الخيالية.

والسفر بين الكواكب سيلقى ضوءاً على مشكلة ظلت حتى الآن دون إجابة. وهى؛ هل توجد حياة على ظهر كواكب مجموعتنا الشمسية؟ وإذا كان كذلك فما مدى تطورها؟

وفضلاً عن الأهمية العلمية البحتة للسفر بين الكواكب، فمن المحتمل أن تكون له قيمة عملية، على الرغم من استحالة تحديد صورة هذه القيمة العملية فى المرحلة الحالية. ويمكننا أن نشير إلى حقيقة واقعة، على سبيل التمثيل لهذه القيمة العملية. فمن المعروف أن الكواكب وأقمارها تمثل مصدراً لا ينفد للثروة المعدنية. ومن ثم فلا بد من دراساتها والاستفادة بها من أجل خير الإنسانية.

إن الشعب السوفييتى سيبنى محطات فى الفضاء بين الكواكب، كما سيبنى سفن الفضاء، من أجل اكتشاف أسرار الكون، ولكى يوسع من نطاق سيطرة العقل البشرى على العناصر.

التصحيح اللغوى: وجيه فاروق

الإشراف الفنى: حسن كامل

التصميم الأساسى للغلاف: أسامة العبد

